

# Himmels- kunde

VON

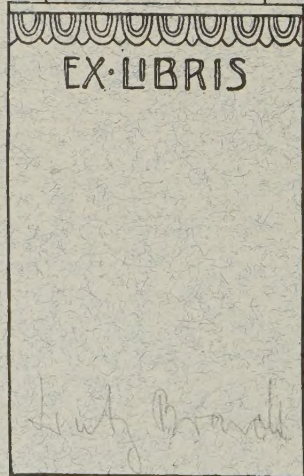
A. Marcuse

Wissenschaft



und Bildung

Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig



STETZ



# Wissenschaft und Bildung

Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens  
Herausgegeben von Privatdozent Dr. Paul Herre

Im Umfange von 130—180 Seiten  
Geh 1 M. Originalalleinenbd. 1.25 M.

Die Sammlung bringt aus der Feder unserer berühmtesten Gelehrten in anregender Darstellung und systematischer Vollständigkeit die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung aus allen Wissensgebieten.

Sie will den Leser schnell und mühelos, ohne Fachkenntnisse vorauszusetzen, in das Verständnis aktueller wissenschaftlicher Fragen einführen, ihn in ständiger Fühlung mit den Fortschritten der Wissenschaft halten und ihm so ermöglichen, seinen Bildungskreis zu erweitern, vorhandene Kenntnisse zu vertiefen, sowie neue Anregungen für die berufliche Tätigkeit zu gewinnen. Die Sammlung „Wissenschaft und Bildung“ will nicht nur dem Laien eine belehrende und unterhaltende Lektüre, dem Fachmann eine bequeme Zusammenfassung, sondern auch dem Gelehrten ein geeignetes Orientierungsmittel sein, der gern zu einer gemeinverständlichen Darstellung greift, um sich in Kürze über ein seiner Forschung ferner liegendes Gebiet zu unterrichten.

Ein planmäßiger Ausbau der Sammlung wird durch den Herausgeber

gewährleistet. Abbildungen werden

den in sich abgeschlossenen und

einzelnen käuflichen Bändchen

nach Bedarf in sorg-

fältiger Auswahl

beigegeben.



Über die bisher erschienenen Bändchen vergleiche den Anhang

Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig  
:: und Hugo Heller & Cie. in Wien ::

# Das Wissen für Alle

Volkstümliche Hochschulvorträge u. gemeinverständliche  
Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens

herausgegeben von der

**Vereinigung österr. Hochschuldozenten**

unter Mitwirkung von

Erzellenz Behring (Marburg), G. v. Below (Freiburg i. B.),  
M. Gruber (München), H. Herkner (Berlin), Fr. Jodl (Wien),  
K. Lamprecht (Leipzig), E. Mach (Wien), A. Penck (Berlin),  
W. Sombart (Berlin), Th. Ziegler (Straßburg) u. a.

Redigiert von

Univ.-Dozent **Dr. St. Hock** und Univ.-Professor **Dr. A. Lamp**

Vierteljährlich 6 Hefte und ein gebundener Band Mark 2.50

„Das Wissen für Alle“ nimmt unter den vielen populär-  
wissenschaftlichen Zeitschriften durch seine Eigenart eine besondere und  
bevorzugte Stellung ein.

Eng verbunden mit den Bestrebungen der University Extension  
sucht die Zeitschrift den Hörern der volkstümlichen Hochschulkurse durch  
Wiedergabe von Vorträgen und Kursen größere Vertiefung in das  
Gehörte zu vermitteln, jenen aber, die durch die Umstände von der  
unmittelbaren Teilnahme an den volkstümlichen Hochschulkursen  
ausgeschlossen sind, die Möglichkeit der geistigen Teilnahme an ihnen  
zu gewähren.

So sieht „Das Wissen für Alle“ seine Aufgabe nicht darin, den  
Sensationen des Tages zu dienen, sondern vor allem darin, positives  
Wissen in geschlossenen Lehrkursen zu vermitteln. Außerdem bringt  
„Das Wissen für Alle“ in jedem Hefte gemeinverständliche Darstellungen  
aus allen Wissensgebieten, die, sowie die Lehrkurse, aus der Feder von  
Fachmännern stammen, die auf ihrem Gebiete selbst als Forscher tätig sind.

In kürzeren Notizen werden wichtige, neue Entdeckungen mit-  
geteilt, und beachtenswerte Neuerscheinungen besprochen, um so die  
Leser über die Gegenwartsarbeit der Wissenschaft zu orientieren.

Wer teilnehmen will an der Arbeit der Wissenschaft, wer  
Zugang sucht zu den Schätzen, die sie verwaltet, dem bietet  
sich im „Wissen für Alle“ ein zuverlässiger Führer.



Wissenschaft und Bildung  
Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens  
Herausgegeben von Privatdozent Dr. Paul Herre

— 106 —

# Himmelskunde

von

Prof. Dr. Adolf Marcuse  
in Berlin

Mit 24 Abbildungen



1912

Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig

Alle Rechte vorbehalten.



## Vorwort.

Die in diesem Buche auf Wunsch des Herausgebers dieser Sammlung veröffentlichte Darstellung der Astronomie ist nach Vorträgen entstanden, die der Verfasser im Auftrage des Berliner Vereins für volkstümliche Hochschulkurse schon längere Zeit abhält. Daher soll das vorliegende Buch nicht eine „populäre Himmelskunde“ im eigentlichen Sinne, deren es viele und ausgezeichnete gibt, sein, sondern in erster Linie eine Anregung, um Ergebnisse und Lehren jener erhabenen Wissenschaft in möglichst weite Kreise verbreiten zu helfen. Möge es diesen Zweck erfüllen!

J. St. Gries am Brenner, den 1. September 1911.

Der Verfasser.

# Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort . . . . .	5
Erstes Kapitel: Geschichtliche Entwicklung der Astronomie . . . . .	15
Zweites Kapitel: Statistik des Universums: Sterne . . . . .	28
Drittes Kapitel: Dynamik des Universums: Kräfte . . . . .	36
Viertes Kapitel: Die Sonne . . . . .	53
Fünftes Kapitel: Die unteren Planeten Merkur und Venus . . . . .	60
Sechstes Kapitel: Der Planet Erde . . . . .	84
Siebentes Kapitel: Der Mond . . . . .	102
Achtes Kapitel: Der Planet Mars . . . . .	109
Neuntes Kapitel: Der Planet Jupiter . . . . .	112
Zehntes Kapitel: Die Planeten Saturn, Uranus und Neptun . . . . .	118
Elftes Kapitel: Die kleinen Planeten . . . . .	121
Zwölftes Kapitel: Die Kometen . . . . .	128
Dreizehntes Kapitel: Meteore und Sternschnuppen, Tierkreis- licht . . . . .	128



## Erstes Kapitel.

### Geschichtliche Entwicklung der Astronomie.

Es gewährt ein besonderes Interesse, sich zunächst über die Geschichte der Astronomie, dieser ältesten unter den Naturwissenschaften, kurz zu orientieren. Die Entwicklung der Himmelskunde von ihren ersten Anfängen bis jetzt ist eine durchaus stetige und kontinuierlich fortschreitende gewesen. Ein Rückblick auf dieselbe hat nicht sowohl den Zweck, zu zeigen, wie herrlich weit wir es gebracht haben, als vielmehr uns davon zu überzeugen, daß wir es noch viel weiter bringen müssen. Gilt doch hier wie überall in der Entwicklung der Naturwissenschaften der gedankentiefe Ausspruch Newtons, daß unsere bisherigen Kenntnisse nur bunten Steinchen und kleinen Muscheln gleichen, die am Ufer des Meeres gefunden werden, indes der Ozean der Wahrheit noch fast unerforscht in unendlicher Weite sich ausdehnt.

Schon in der frühesten Zeit des Menschengeschlechtes spielten die Gestirne eine hervorragende Rolle im Leben der Völker. Die Überlieferungen der Naturvölker geben hierüber Aufschluß.

Da ist zum Beispiel eine der armseligsten Menschenrassen, die Buschmänner, ein Zwergvolk im südwestlichen Afrika, welches kaum imstande ist, Hütten zu bauen. Dennoch haben sie besondere Namen für gewisse Sternbilder, können Planeten von Fixsternen unterscheiden, und ihre Märchen zeugen von aufmerksamer Beobachtung der Himmelserscheinungen. Der Mond, welcher mit dem Ursprung des Todes in Verbindung gebracht wird, erscheint den Buschmännern als ein Mann, von dem die zürnende Sonne mit ihrem strahlenden Messer Stücke abschneidet, die dann entsprechend den zunehmenden Mondphasen wieder anwachsen. Von den Fixsternen ist den Buschmännern am bekanntesten der helle Stern am südlichen Himmel, Canopus, für den sie mehrere Namen haben. Der Gürtel des Orion erscheint ihnen als drei Schildkrötenweibchen, die an einer Stange aufgehängt sind.

Den Ursprung der Sterne endlich denken sich die Buschmänner so, daß ein Mädchen eines längst vergangenen Volksstammes ihren den Heimweg suchenden Landsleuten Licht zu machen bestrebt war und glühende Asche an den Himmel warf, die alsbald zu Sternen wurde. Diese kosmogonische Vorstellung eines auf der untersten Kulturstufe stehenden Volksstammes ist ebenso sinnig wie beachtenswert, da gerade die Beobachtung der Himmelskörper Auskunft über Lage und Fortbewegung auf der Erde gibt und die Sterne uns wirklich den Weg weisen, wie die geographische Ortsbestimmung des näheren lehrt.

Ein Stamm aus der Südsee, die Fidji=Insulaner, besitzt eine Sage, wonach zwei Götter in Gestalt von Mond und Ratte sich streiten, ob die Menschen wie der Mond sterbend und wiederkehrend, oder wie die Ratte einfach sterbend sein sollten. Da die Ratte siegte, sind die Menschen sterblich und vergänglich.

Endlich sei noch an den altpersischen Mitrakultus erinnert, in welchem sieben Stufen den damals bekannten sechs Planeten und der Sonne entsprechend vorhanden waren. In die höchste derselben kamen nur die Seelen derjenigen, die im Leben „auch den Gedanken nach“ immer rein waren.

So findet sich bei allen Naturvölkern ein Sonnen- und Sternenkultus, mit dem die Fragen um das Schicksal des Menschen innig verknüpft wurden; ein Stück Astrologie in der Völkergeschichte! Gerade aus solchen, zum Teil kindlichen Ansichten, die noch heute bei den Naturvölkern gelten, haben sich in der Urzeit zweifellos die Keime der astronomischen Wissenschaft entwickelt, die übrigens noch bis in das historische Altertum hinein mit dem religiösen Kultus eng verbunden war und hauptsächlich von den Trägern desselben ausgeübt und fortgebildet wurde. In gewisser Hinsicht besteht sogar noch heute eine äußerliche Verbindung zwischen Astronomie und Kirche, da die Hauptfeste, wie bekannt, nach den Stellungen von Mond und Sonne sich richten.

Die historisch überlieferten Anfänge der Astronomie reichen wohl über 4000 Jahre zurück. Durch ein harmonisches Zusammenwirken von Geschichtsforschung, Sprachwissenschaft und Astronomie, speziell ihrer chronologischen Zweige, ist besonders in den letzten Jahrzehnten das Dunkel, welches über der Geschichte der ältesten Himmelskunde lagerte, etwas gelichtet worden.

Jahrzehntelang hatte der französische Phantast Bailly durch seine am Ende des achtzehnten Jahrhunderts erschienene „Ge-



schichte der Astronomie“ die Köpfe verwirrt, indem er nachzuweisen trachtete, daß die astronomische Kultur der Vergangenheit nicht die Keime einer werdenden, sondern vielmehr die Trümmer einer entschwundenen Wissenschaft gewesen sei. Er versuchte, gleichsam ein vorsintflutliches Kulturvolk ersten Ranges, die Atlantiden, einzuführen, deren astronomische Kenntnisse denjenigen der späteren Zeit weit überlegen gewesen sein sollten. Diese mythische Atlantis zerfloß vor der strengeren wissenschaftlichen Kritik, und aus dem scheinbaren Chaos der Vergangenheit stiegen deutlich die Grenzen der ältesten astronomischen Entwicklung empor.

Die Priester und Weisen der alten Babylonier, Chaldäer, Chinesen, Inder und Ägypter haben mehr oder weniger unabhängig von einander schon in uralten Zeiten Großes geleistet in der geordneten Aufzeichnung himmlischer Phänomene und in der speziellen Kenntnis ihrer Wiederkehr. Mit ziemlicher Sicherheit ist ein historisch-astronomisches Ereignis aus der Geschichte der Chinesen überliefert, welches etwa auf das Jahr 1200 v. Chr. fällt. Zu jener Zeit hatte einer der chinesischen Herrscher zwei Hofastronomen, „Hi“ und „Ho“, deren Pflicht es war, rechtzeitig das Eintreten von Finsternissen zu verkünden. Es ereignete sich damals eine Sonnenfinsternis, die von den Hofastronomen nicht zur rechten Zeit vorhergesagt wurde. Die religiösen Gebräuche unterblieben, das Land schien dem Zorne der Götter ausgesetzt. Die beiden pflichtvergeffenen Astronomen wurden auf Befehl des Herrschers hingerichtet; wahrlich eine allzu exemplarische Bestrafung für einen astronomischen Rechenfehler!

Die älteste historisch verbürgte Beobachtung mit Hilfe der Schattensäule oder des Gnomon zur genaueren Ermittlung der Sonnenstellung über dem Horizont findet sich ebenfalls bei den Chinesen und zwar um das Jahr 1100 v. Chr. Die damals in der chinesischen Hauptstadt Lo=Yang mittels der Schattensäule gefundenen Resultate über die Lage der scheinbaren Sonnenbahn stehen übrigens, wie kein Geringerer als Laplace nachwies, in interessanter Übereinstimmung mit der Theorie der scheinbaren Sonnen- oder der wirklichen Erdbewegung.

Obwohl die Chinesen die wichtigeren Himmelsphänomene kannten und auch eine gewisse Technik für deren Beobachtung besaßen, fehlte es ihnen doch an jeder tieferen mathematischen

Erfassung astronomischer Aufgaben. Sie halfen sich mit graphischen Konstruktionen und unterließen wissenschaftliche Erklärungen für die von ihnen deutlich bemerkte Bewegung der Gestirne. Fast kann man sagen, daß dies noch bis zum heutigen Tage der astronomische Standpunkt der Chinesen ist, wenn sich auch in neuerer Zeit fremde, besonders europäische und ganz speziell sogar deutsche Einflüsse (Kiautschou) heilsam und fortschrittlich wirkend auch nach dieser Richtung in China bemerkbar machen.



Chinesisches Nürolabium in ursprünglicher Aufstellung  
(jetzt in Potsdam). Phot. v. Hauptm. Gundel.

Eine höhere Stufe astronomischen Wissens als die Chinesen haben die Chaldäer erreicht, bekanntlich ein in Babylon ansässiger Priesterstamm, dessen zerstreute Reste sich noch bis zur Zeit des Alexanderzuges behaupten konnten. Von den Türmen ihrer Tempel haben die Chaldäer die Bewegung von Sonne, Mond und Planeten sorgfältig verfolgt, die Umlaufzeiten einiger dieser Himmelskörper ermittelt und sogar die Periode der Wiederkehr von Mondfinsternissen sicher erkannt. Jene wertvollen babylonischen Beobachtungen rückwärts bis zur Zeit 720 v. Chr. gelangten nach dem Zuge Alexanders des Großen in die Hände der Griechen. Durch ihr hohes Alter sind diese Aufzeichnungen



der Mondfinsternisse auch jetzt noch von Wichtigkeit, weil sich aus ihnen in Verbindung mit neueren Beobachtungen eine ganz langsame Verminderung der Umlaufzeit des Mondes erkennen ließ.

Die Astronomie der Ind er, eines Volkes, dessen philosophischen und mathematischen Tiefsinn wir staunend bewundern, beschäftigte sich nicht, wie die Wissenschaft der Chinesen und Chaldäer, mit allgemeinen Aufzeichnungen, sondern mit mathematischen Entdeckungen und Rechnungsvorschriften, die auf die Entwicklung der nachgriechischen Astronomie stark eingewirkt haben.

Was endlich die astronomischen Leistungen der alten Ägypter betrifft, so ist ihnen hauptsächlich eine geordnete Kenntnis der himmlischen Bewegungen durch spezielle chronologische Einrichtungen zu verdanken, welche ebenfalls fruchtbar und anregend auf die griechischen Philosophen gewirkt haben.

Erst die Griechen aber vollzogen den großen geistigen Fortschritt, zu dem das hohe Altertum in emsigem Fleiße allmählich die Vorbedingungen geliefert hatte. Während die erwähnten Urvölker gewissermaßen nur die „Kenntnis“ der himmlischen Bewegungen gefördert hatten, taten die Griechen den ersten Schritt zur wirklichen „Erkenntnis“ derselben. Hatten sich die ältesten Kulturvölker damit begnügt, die Erscheinungen an sich kennen zu lernen, ohne bei ihren pedantischen und gewissenhaften Aufzeichnungen nach Erklärungen zu suchen, so verhielt sich das mehr mit spekulativer Verstandesfrische als mit eiserner Ruhe der Beobachtung ausgestattete Volk der Griechen ganz anders. Sie erdachten eine große Zahl von Theorien und Erklärungen, von denen die meisten zwar reine Hypothesen blieben, manche jedoch noch heute grundlegende Wahrheiten bedeuten.

Von den Reisen des griechischen Forschers Herodot in Ägypten ist ein historisches Ergebnis überliefert, welches den Unterschied orientalischer und griechischer Weltauffassung grell beleuchtet. Als Herodot die Regelmäßigkeit der Nilüberschwemmungen und den Zusammenhang derselben mit dem Stande der Sonne, wie ihn die alten Ägypter längst erkannt und verwertet hatten, sah, fragte er die ägyptischen Priester nach der gegenseitigen Beziehung dieser Erscheinungen. Niemand konnte ihm Auskunft geben, weil man nur das „Was“, nicht aber das „Warum“ jenes Phänomens kannte; Herodot dagegen gab sofort die richtige Erklärung.

Eine der schönsten und wertvollsten Früchte der frühesten griechischen Denkarbeit war die Lehre von der Kugelgestalt der Erde, die schon auf Pythagoras zurückgeführt werden kann, der sogar eine Vorausahnung des kopernikanischen Weltsystems mit der Sonne als Mittelpunkt des Planetensystems gehabt haben soll. Die Kugelgestalt der Erde erkannten die Griechen in wissenschaftlicher Form aus den Reiseberichten der Phönizier, jenes großen Handelsvolkes, das von der Westküste des afrikanischen Kontinents bis zu den Farörländern, nördlich von Schottland und westlich von den Shetlandinseln gelegen, die Meere durchfuhr. Auf ihren ausgedehnten nördlichen Seereisen sahen die Phönizier die Sterne des Nordens aufsteigen, die südlichen Gestirne versinken. Sie erkannten auf ihren nach Osten gerichteten Fahrten das frühere Erscheinen der Sonne an den östlichen Orten, und sie beobachteten deutlich das Emporsteigen ferner Berge aus dem Meere beim Aufsegeln der Küste. Für alle diese, den Phöniziern rätselhaften Erscheinungen gaben erst die Griechen eine richtige Erklärung, indem sie die Kugelgestalt der Erde lehrten. Und noch heute, wo wir längst wissen, daß die Erde keine vollkommene Kugel, sondern nahezu ein durch Drehung um die kleinere Achse an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid ist, kann die Oberfläche unseres Planeten für die meisten Aufgaben der astronomischen Geographie und Nautik als kugelförmig angesehen werden.

Auch über die Krümmung und die Gestalt der Erde stellten schon die Griechen, besonders der scharfsinnige Eratosthenes (200 v. Chr.) an verschiedenen Punkten Messungen an.

Eratosthenes gehörte zu der sogenannten alexandrinischen Schule, die von 300 vor bis 200 n. Chr. blühte und viele große Gelehrte wie Aristarch, Apollonius, Hipparch und Ptolemäus aufwies. Aristarch erkannte klarer noch als Plato die Bewegung der Erde um die Sonne, und es gelang ihm bereits, über den Abstand des Mondes und der Sonne von der Erde zahlenmäßige Vorstellungen zu gewinnen.

Hipparch von Nicäa darf als der größte Astronom des Altertums und als eigentlicher Begründer der wissenschaftlichen, auf Beobachtungen und nicht nur auf Spekulationen beruhenden Astronomie gelten. Er fand schon 150 v. Chr. die ungleiche Länge der Jahreszeiten, bestimmte die Elemente der scheinbaren Sonnenbahn und konstruierte die ersten Sonnentafeln. Ferner



entdeckte er bereits eine größere Ungleichheit der Mondbahn, ermittelte das Vorrücken der Durchschnittspunkte von Ekliptik und Äquator, die sogenannte Präzessionsbewegung, und verfaßte, auf eigene Beobachtungen gegründet, den ersten Sternkatalog. Auch die Trigonometrie ist schon von Hipparch in die sphärische Astronomie eingeführt worden. Endlich muß ihm noch die Erfindung des Astrolabiums, eines Instruments mit Einstellungskreisen zur ersten genaueren Beobachtung am Himmel, zugeschrieben werden.

Diese bedeutsamen Beobachtungen und Entdeckungen wurden der Nachwelt durch den Nachfolger des Hipparch, den in Ägypten geborenen, aber in Alexandrien etwa 130 n. Chr. lebenden Ptolomäus überliefert. Er verfaßte das erste Lehrbuch der Astronomie, den berühmten Almagest, ein großes Sammelwerk der griechischen Astronomie, welches neben wichtigen Beobachtungen und Theorien allerdings noch die phantastische Hypothese einer Bewegung der Gestirne in Epizykeln oder zusammengesetzten Kreisformen um die ruhende Erde als Mittelpunkt enthielt. In dieser geozentrischen Weltanschauung des Ptolomäus, dessen Lehrbuch für vierzehn Jahrhunderte eine Art astronomischer Bibel blieb, lag sicherlich ein gewisser Rückschritt gegen die heliozentrische Vorstellung mancher altgriechischer Philosophen. Aber es ließen sich nach dem Almagest des Ptolomäus doch wenigstens die scheinbaren himmlischen Bewegungen mit beträchtlicher Genauigkeit darstellen.

Damit war der Höhepunkt griechischer Astronomie erreicht, und es ist von kulturhistorischem Interesse, zu sehen, wie damals im Abendlande, wo gewaltige religiöse Neubildungen stattfanden, die schönen Früchte griechischer Himmelsforschung zu verdorren anfangen, während im Orient, speziell bei den Arabern, die Ergebnisse der alten Wissenschaft nicht nur lebendig erhalten sondern zugleich praktisch verfeinert und mathematisch vertieft wurden. Arabische Astronomen leisteten damals, besonders in der Verbesserung der Beobachtungen durch Verwendung einfacher sinnreicher Instrumente und in der Erleichterung der Rechnung durch Hülfsnahme der indischen Zahlenlehre Außerordentliches. Die beiden bedeutendsten arabischen Astronomen, Albaten, etwa 880 n. Chr. in Aracta, und Ibn Junis, um 1000 n. Chr. in Kairo lebend, legten ihre Beobachtungen und Rechnungen in wichtigen Schriften nieder, die noch heute für die

Theorie der Bewegung der großen Planeten, speziell für Jupiter und Saturn, sowie für unsere Kenntniss der Bewegungen des Mondes Bedeutung haben. Geradezu Epochemachendes leisteten jedoch die Araber in der Nautik, indem sie nicht nur den von den Chinesen schon früher erfundenen Kompaß allgemein in die Schifffahrt einführten, sondern vor allem die astronomische Orientierung des Schiffes zur See ausbildeten durch Umänderung der schwerfälligen altgriechischen Astrolabien in kleine, tragbare Beobachtungsinstrumente und durch mathematische Erleichterung der zur Ortsbestimmung gehörigen Rechnungen.

Die hohe Blüte arabischer Astronomie wirkte am Ende des Mittelalters wieder befruchtend auf das Abendland ein, indem unter Schutz und Förderung des deutschen Kaisers Friedrich II., sowie des spanischen Königs Alphons tüchtige Beobachter und Forscher in der Astronomie heranwuchsen. Als Kolumbus im 15. Jahrhundert auftrat, um seine kühne Durchquerung des Ozeans zu wagen, handelte er nicht aus Inspiration, sondern auf Grund astronomischer Kenntnisse, welche er arabischer Nautik verdankte. Columbus benutzte für die Ortsbestimmung auf See kleine tragbare Astrolabien, und den von dem deutschen Astronomen Johannes Müller (genannt Regiomontanus) erfundenen Jakobstab, den Vorläufer des späteren Sextanten. Als dann später Spanier und Portugiesen immer mehr in die Ara der maritimen Entdeckungen eintraten, stellte auch die Schifffahrt erhöhte und stets dringendere Anforderungen an die Astronomie als Mutterwissenschaft. Die Navigatoren verlangten eine genaue Vorausberechnung der Stellungen von Sonne, Mond und Planeten, um aus der Bewegung dieser gleichsam als Zeiger an der durch die Fixsterne gebildeten Himmelsuhr dienenden Gestirne Länge und Breite des Schiffsortes zu finden.

Es war ein deutscher Astronom, der eben genannte Johannes Müller, Mitte des 15. Jahrhunderts in Nürnberg lebend, der, mit allen Kenntnissen griechischer und arabischer Astronomie vertraut, für viele Jahre im voraus — allerdings immer noch auf der falschen geozentrischen Theorie des Ptolomäus fußend — die Stellungen der Himmelskörper berechnete. So entstand das erste und zwar ein deutsches astronomisch-nautisches Jahrbuch, welches von spanischen und portugiesischen Seefahrern dazu benutzt wurde, die Lage der Küstenpunkte in der

neuen Welt auf den Meridian von Nürnberg zu beziehen. Aber bald stellte es sich heraus, daß zu etwas genauerer Ortsbestimmung die auf der alten geozentrisch=epizyklischen Theorie beruhenden Tafeln des Regiomontan unzulänglich waren und zu großen Irrtümern bei der Orientierung der Schiffsorte und Küstenpunkte führten. Es kam daher das Verlangen nach einer genaueren astronomischen Theorie, die übrigens nicht nur von der Nautik, sondern auch vom Kalenderwesen gebieterisch gefordert wurde. Wiederum war es einem deutschen Forscher, Nicolaus Kopernicus (1473—1553) aus Thorn gebürtig, aber in Italien studierend, vorbehalten, die rettende wissenschaftliche Tat zu vollbringen. Mit mathematischem Scharfblick erkannte er, daß die Bewegungen der Gestirne nicht durch die epizyklische Theorie der Alten um eine ruhende Erde, sondern vielmehr durch eine Achsendrehung der Erde (Rotation) und eine Bewegung derselben um die Sonne (Revolution) sich erklären ließen. Diese große Vereinfachung astronomischen Denkens, die für die scheinbare Bewegung von Sonne und Planeten eine einfache optische Erklärung finden ließ durch die Rotation und Revolution der Erde, sowie der anderen Planeten teils um ihre Achse, teils um die Sonne als Zentrum war die Frucht fast dreißigjährigen stillen Forscherlebens, zu welchem Kopernicus durch die Ahnungen altgriechischer Philosophen angeregt wurde. Als sich Kopernicus zur Veröffentlichung seines Lebenswerkes entschloß, nagte bereits tödliche Krankheit an seinem Leben. So sah er erst auf dem Sterbebette die ersten Druckbogen seines Werkes über die neue Weltanschauung, und in ganz besonderem Sinne läßt sich daher von ihm sagen, daß „seines Lebens Ende zugleich seiner Unsterblichkeit Anfang“ war.

Dieser heliozentrischen Weltanschauung des Kopernicus zum Siege und zur weiteren Vollendung geholfen zu haben, war im 17. Jahrhundert das Verdienst der großen Astronomen Kepler, Galilei und Newton. Johannes Kepler (1571 bis 1631) führte den mathematischen Nachweis, gestützt auf die geschickten und langjährigen Beobachtungen Tycho de Brahes, daß die Planeten in elliptischen Bahnen um die Sonne wandeln. Newton (1643—1727) vollendete im Anschluß an die epochemachenden astronomisch-physikalischen Untersuchungen von Galilei und Huygens die große Entwicklung des Kopernicanischen Systems, indem er als Ursache dieser elliptischen Bewegung



das Vorhandensein einer beständigen gegenseitigen Anziehung der Himmelskörper nachwies.

So wurde schon seit dem 18. Jahrhundert unser Sonnensystem in den Grundprinzipien seiner Bewegungen und Kräftewir-

kungen durchdrungen. Um Ende desselben Jahrhunderts erschien dann eine der gewaltigsten und scharfsinnigsten Geistesarbeiten aller Zeiten, die große Himmelsmechanik von Laplace, deren mathematische Durchbildung ihren größten Triumph Mitte des 19. Jahrhunderts in der prophetischen Vorausberechnung und Entdeckung des Neptun, des bisher äußersten Planeten unseres Sonnensystems, feierte.

Unsere Zeit steht vor neuen und immer weiter sich ausdehnenden



Mikrolabium an der chinesischen Mauer aufgestellt (heut in Potsdam) Phot. v. Hauptm. Gundel.

Aufgaben. Das Problem der Bewegung der Fixsterne und Fixsternsysteme ist dank der fortgeschrittenen astronomischen Messkunst aufgetaucht, befindet sich aber immer noch mehr oder weniger im Anfangszustande seiner Lösung. Es gibt weder auf der Erde noch im Universum etwas Festes und Unveränderliches.

Wenn ferner noch vor wenigen Jahrzehnten der französische Philosoph Lecomte den Ausspruch tat, daß bald alle Bewegungen der Gestirne erkannt sein würden und alsdann die Astronomen kaum noch etwas zu entdecken vermöchten, da sich über Wesen und Beschaffenheit anderer Himmelskörper doch nichts aussagen ließe, so haben die Tatsachen dieser einseitigen Ansicht Unrecht gegeben. Seit mehreren Jahrzehnten ist ein

neuer Zweig astronomischer Forschung, die Astrophysik, entstanden, welche, auf den Fortschritten der Spektralanalyse, Photometrie und Photographie fußend, nicht nur über die Bewegung der Gestirne sogar in der Gesichtslinie, sondern auch über die Beschaffenheit der Himmelskörper wichtige Aufschlüsse gibt. So tauchen stets neue Probleme auch in der Astronomie auf, welche die Grenzen unseres Wissens immerfort erweitern und an Stelle des einengenden Ausspruches „ignorabimus“ jenes immer nur relativ unsere jeweiligen Wissensgrenzen einschränkende „ignoramus“ treten lassen.

## Zweites Kapitel.

### Statistik des Universums.

Wenn man in einer sternklaren Nacht die scheinbare Himmelskugel betrachtet, oder, richtiger gesagt, das Universum, wie es sich von unserem begrenzten Standpunkte auf der Erde darbietet, so fällt zunächst die große Mannigfaltigkeit der Objekte auf. Allmählich gelingt es, in das auf den ersten Blick regellose Gewirr der Erscheinungen Ordnung zu bringen, besonders auffällige Objekte zu erkennen und Gruppen von Sternen, in sogenannte Konstellationen oder Sternbilder zusammengefaßt, zu unterscheiden.

Die bekanntesten Sternbilder am nördlichen Himmel, unter denen z. B. der große Bär, Cassiopeia, Orion, Plejaden, großer Hund mit Sirius genannt seien, finden sich schon in den chinesischen Annalen, in altägyptischen Papyrus, in assyrischen Inschriften, in der Bibel und im Homer erwähnt. Bekannt ist, daß z. B. die Hauberin Circe dem von ihrer Insel abfahrenden Odysseus den Rat erteilte, sein Schiff bei der Heimkehr so zu lenken, daß der große Bär gegen Morgen zu seiner Linken bliebe. Besonders die Griechen entlehnten die Namen der Sternbilder zumeist der Mythologie, während die Einteilung des Tierkreises, also der scheinbaren Bahn der Sonne — in Wirklichkeit die Bahn unserer Erde, projiziert auf die Himmelskugel — chaldäischen Ursprungs sein dürfte.

Man gruppiert die Sterne des nördlichen und südlichen Himmels zusammen in 86 Konstellationen, von denen 32 nördlich und 54 südlich vom Äquator liegen. Globen und Sternkarten

dienen zur bildlichen Darstellung des Himmels oder, wie man sich auch ausdrückt, den Zwecken der Astrognosie.

Während die Sternbilder zur Orientierung am Himmel dienen, wird zur Auffuchung und Katalogisierung von Sternen ein bestimmtes Koordinatensystem verwendet, welches die scheinbare Himmelskugel entsprechend einteilt, wie das bekannte geographische Koordinatensystem von Breite und Länge eine genaue Orientierung auf der Erde ermöglicht. Was wir auf der Erde geographische Breite nennen, heißt am Himmel Abweichung oder Deklination, d. h. Abstand eines Gestirnes vom Himmelsäquator nach den Polen hin gerechnet. Der zweiten Koordinate auf der Erde oder der geographischen Länge, welche nach Osten und Westen zumeist vom Greenwicher Meridian aus gerechnet wird, entspricht am Himmel die gerade Aufsteigung oder Rektaszension, die vom Frühlingspunkt aus, also vom Durchschnittspunkt der aufsteigenden scheinbaren Sonnenbahn (Ekliptik) mit dem Äquator gezählt wird.

Nach Deklination und Rektaszension sind die Sterngloben, Sternkarten und Sternverzeichnisse geordnet, welche die Welt der Fixsterne systematisch einteilen. Aber nicht nur die Position am Himmel, sondern auch die Helligkeit dient zur Charakterisierung und Auffindung eines Sterns. Die Einteilung in Helligkeitsstufen geschieht allgemein so, daß die mit bloßem Auge sichtbaren Sterne in sechs Größenklassen zerfallen, indem ihre Helligkeit mit wachsender Ordnungszahl abnimmt. Es ist also ein Stern dritter Größenklasse schwächer als ein Stern erster Größenklasse und heller als ein Stern fünfter Größenklasse. Diese Abstufungen setzen sich im Fernrohre nach bestimmten photometrischen Gesetzen der Lichtabnahme weiter fort bis zu den schwächsten, mit den gewaltigsten Fernrohren der Neuzeit gerade noch wahrnehmbaren Sternen etwa der achtzehnten Größenklasse. Solche Helligkeiten sind natürlich nur scheinbare, d. h. unserer Wahrnehmung eigentümliche, die an sich auf die Größe der Fixsterne keinen sicheren Schluß zu ziehen erlauben, weil dabei auch die Entfernung mitspricht. Es kann sehr wohl ein Stern sechster Größenklasse wesentlich größer sein als ein solcher der dritten Helligkeitsstufe, wenn die Entfernung des ersteren von der Erde die des letzteren wesentlich übertrifft.

Das unbewaffnete gute Auge vermag unter besonders günstigen Luftzuständen an beiden Himmels hemisphären zusammen-



genommen rund 6000 Sterne zu erkennen, eine verschwindend kleine Zahl im Verhältnis zu den mindestens 500 Millionen Fixsternen, die nach Schätzungen im größten Fernrohr mit etwas über einen Meter Objektivdurchmesser am ganzen Himmel sichtbar sein dürften. In Wirklichkeit aber wird ein gutes Auge unter mittleren atmosphärischen Verhältnissen in der Ebene nur ungefähr die Hälfte jener 6000 Sterne bis zur sechsten Größensklasse klar erkennen. Erst

auf hohen Bergesgipfeln, wo unser meist sehr trübes Luftmeer viel weniger Lichtstrahlen absorbiert, vermag das unbewaffnete Auge die volle Zahl aller Sterne bis zur sechsten Helligkeitsstufe zu sehen. Es ist



Photographische Aufnahme der Plejaden.

deshalb berechtigt, daß man in neuerer Zeit vielfach Höhensternwarten auf Berggipfeln einzurichten bestrebt ist, um einen Teil — und zwar den dichtesten — unserer Atmosphäre bei astronomischen Messungen auszuschalten.

Systematisch geordnete Sternverzeichnisse oder sogenannte Sternkataloge besitzt die Astronomie schon seit über 2000 Jahren. Bereits Hipparch nahm 150 v. Chr. eine systematische Durchmusterung des Himmels vor und legte durch einfache Richtungsbestimmungen an Astrolabien die Orte von etwas über 1000 Sternen bis zur vierten Größensklasse fest. Das Verzeichnis derselben ist uns in dem berühmten „Almagest“ des Ptolomäus überliefert worden. Eine kritische Prüfung dieses ältesten Sternverzeichnisses ergibt das interessante Resultat, daß im großen und ganzen die Sternbilder vor 2000 Jahren fast denselben Anblick

für das bloße Auge boten wie heute. Und dennoch gibt es bekanntlich keine feststehenden Sterne oder Fixsterne; sie haben alle kleinere Eigenbewegungen, durch welche ihre relativen Stellungen am Himmel, für das bloße Auge allerdings im allgemeinen fast unmerklich, in großen Fernrohren jedoch wahrnehmbar sich ändern. In neuerer Zeit ist z. B. ein schwacher Stern am südlichen Himmel bekannt geworden, dessen Eigenbewegung ( $9''$  im Jahr) immerhin so groß ist, daß schon nach wenigen Jahren sogar mit bloßem Auge die Veränderung seiner relativen Stellung am Himmel innerhalb des dazu gehörigen Sternbildes erkennbar wird.

Der nächste Sternkatalog von Wichtigkeit nach Hipparch datiert aus der Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts, als der arabische Astronom Ulugh-Beigh die Sterne des ältesten Hipparchischen Verzeichnisses aufs neue bestimmte.

Das dritte und genaueste Sternverzeichnis aus der vorteilsoffenen Zeit, welches dieörter von 1006 Sternen schon bis auf die Bogenminute genau angab, während die griechischen und arabischen Messungen nur auf Bruchteile des Grades sicher waren, lieferte im sechzehnten Jahrhundert der dänische Astronom Tycho de Brahe. Nach Erfindung des Fernrohres war der erste große Sternkatalog mit 2866 Sternen derjenige des englischen Astronomen Flamsteed, des Begründers und ersten Leiters der Greenwicher Sternwarte; er erschien zu Beginn des achtzehnten Jahrhunderts in der „*Historia coelestis britannica*“.

Die Sternverzeichnisse der neueren Zeit, deren es viele hunderte gibt, zerfallen in zwei Klassen; die eine mit genauen, die andere mit nur genäherten Sternörter, welche beide auch verschiedenen Zwecken dienen. Von den genauen Verzeichnissen, deren Herstellung einen großen Aufwand an Zeit und Mühe kostet, ist das erste und wichtigste der Bessel'sche Katalog vom Jahre 1818, „*Fundamenta astronomiae*“, welcher 3222 schon von dem englischen Astronomen Bradley um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts sorgfältig beobachtete Sterne umfaßt.

Durch die astronomischen Arbeiten von Bessel, Argelander, Airy, W. Struve und anderen sind jetzt etwa von 30 000 Sternen genaue Positionen mindestens auf die Bogensekunde bekannt. Sehr viel größer ist natürlich die Zahl von Sternen,

deren Positionen nur näherungsweise bestimmt sind. Bis zur zehnten Größenklasse exklusive gibt es jetzt über 600 000 Sterne mit genähert bekannten Positionen bis auf die Zehntel Bogenminute.

Zwei astronomische Kolossalwerke, das eine für den nördlichen, das andere für den südlichen Himmel, sind bei dieser Gelegenheit zu nennen. Argelanders „Bonner Durchmusterung“, 1859—1862 erschienen, welche die genäherten Örter von etwa 324 000 nördlichen Sternen enthält, und die entsprechende Durchmusterung des südlichen Himmels von Gould und Thome in Cordoba (Argentinien), welche ebenfalls über eine Viertel Million Sterne mit genäherten Örtern umfaßt.

Auf Anregung von Argelander veranstaltete die „Astronomische Gesellschaft“, in Deutschland begründet, jetzt aber internationalen Charakters, bei der sämtliche Sternwarten der Erde vertreten sind, das Unternehmen der sogenannten Zonenbeobachtungen, wobei die Hauptsternwarten, je nach ihrer geographischen Breitenlage, bestimmte Stücke oder Zonen des Himmels nördlich oder südlich vom Äquator zu beobachten und die zugehörigen Sterne durch genauere Messungen zu katalogisieren hatten. Diese Riesearbeit am Himmel ist vollendet und umfaßt gleichfalls etwas über eine Viertelmillion Sterne.

Endlich ist an dieser Stelle der „Fundamentalkatalog“ der Astronomischen Gesellschaft zu nennen, welcher von etwa 600 nördlichen und südlichen Hauptsternen, zu fundamentalen astronomischen Messungen dienend, die Örter mit größtmöglicher Genauigkeit festlegt. Dieser Fundamentalkatalog von H. Numers ist zuerst 1875 erschienen, gegenwärtig auf den südlichen Sternhimmel ausgedehnt und mit verstärkter Genauigkeit der Positionen neu herausgegeben.

Unsere Betrachtungen über die Statistik des Fixsternhimmels wären nicht vollständig, wenn nicht noch einige Worte über die bildlichen Darstellungen des Himmels auf Globen und Sternkarten hinzugefügt würden. Eine im ägyptischen Tempel zu Denderah erhaltene, nach neueren Untersuchungen jedoch erst zur römischen Kaiserzeit entworfene Darstellung des Tierkreises dürfte vielleicht die älteste uns überlieferte Reproduktion des Himmels sein. Aus dem Mittelalter sind ferner noch arabische Globen interessanter Konstruktion erhalten geblieben, von denen einige im germanischen Museum zu Nürnberg Aufstellung



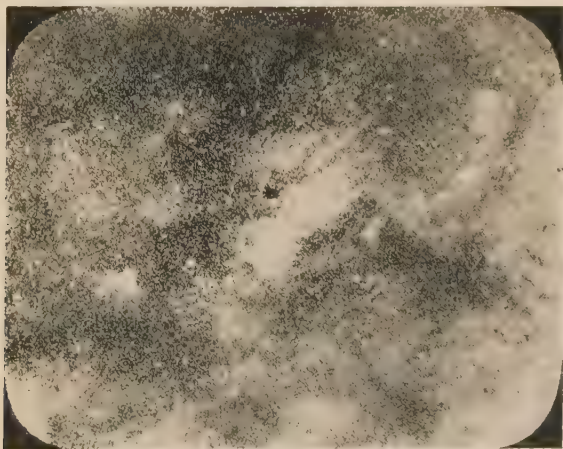
fanden. Genauere Abbildungen des Sternhimmels datieren aber erst aus dem sechzehnten Jahrhundert, als Tycho de Brahe Himmelsgloben konstruierte. Auch die älteste wissenschaftliche Sternkarte rührt erst aus dem siebzehnten Jahrhundert her; es ist die „*Uranometria nova*“ von Bayer, bei welcher jedoch noch immer auf die Zeichnung der Sternbilder besonders nach Tierfiguren allzu großes Gewicht gelegt wurde. In neuerer Zeit, besonders seit Vervollkommnung der technischen Vervielfältigungsmethoden, besitzen wir eine ganze Anzahl wertvoller Himmelsatlanten.

In jüngster Zeit endlich ist unsere Kenntniss des gestirnten Himmels in ein ganz neues Stadium getreten durch die erfolgreiche Einführung der Photographie in die astronomische Wissenschaft. Aus kleinen Anfängen heraus hat sich die Himmelsphotographie innerhalb kurzer Zeit zu einem der bedeutsamsten Zweige astronomischer Forschung entwickelt, dem man bereits viele großartige Entdeckungen verdankt. Auf einer vor etwa 20 Jahren in Paris zusammengetretenen internationalen Konferenz haben sich Sternwarten aller Länder zur Herstellung einer photographischen Himmelskarte und eines sich daran anschließenden genauen Sternverzeichnisses vereinigt. Dadurch erfahren unsere Kenntnisse vom Fixsternhimmel eine früher ungeahnte Erweiterung, denn die den ganzen Himmel umfassenden Sternkarten, welche bis zur sechzehnten Größenklasse der Fixsterne reichen sollen, werden etwa 30 Millionen Sterne enthalten. Der auf genauen Ausmessungen der photographischen Platten beruhende Katalog, welcher bis zur elften Größenklasse der Sterne einschließlicly gehen soll, wird die Orter von etwa drei Millionen Sternen liefern. Ein großer Teil dieser umfassenden Arbeiten ist bereits fertiggestellt, und eine der ersten Sternwarten, die mit ihren photographischen Himmelsaufnahmen fertig geworden ist, war das Potsdamer Astrophysikalische Observatorium. Auch die für den südlichen Himmel von Gill und Kapteyn durchgeführte photographische Durchmusterung mit etwa 450 000 Sternen ist hier zu erwähnen.

Jedem, selbst einem oberflächlichen Beschauer des Fixsternhimmels, fällt ein breites, viele Sternbilder durchziehendes mildschimmerndes Band, die Milchstraße, auf, welches gürtelförmig das Firmament umgibt. Schon mit bloßem Auge erkennt man eine Anzahl hellerer und schwächerer Sterne, die dicht zu-

sammengedrängt in jenem Gürtel stehen. Aber erst mit Hilfe des Fernrohres sieht man, daß das scharfe Licht der Milchstraße durch Millionen kleiner Sternchen hervorgebracht wird, die sich um so zahlreicher und dichter zusammendrängen, je heller die entsprechenden Stellen der Milchstraße werden. In dem glänzendsten Teile dieser sogenannten „galaktischen Ebene“ sind die Sterne sogar so dicht zusammengedrängt, daß selbst im stärksten Fernrohr nur ein matter Schimmer als Hintergrund erscheint.

Dieses prächtige Phänomen der Milchstraße spielt nicht nur objektiv, sondern auch erkenntnistheoretisch eine wichtige Rolle.



Sternwolke im Sternbilde des Schützen.

Aristoteles glaubte, die Milchstraße sei eine terrestrische Erscheinung, die durch atmosphärische Dünste hervorgerufen würde. Diese für einen scharfsinnigen Forscher beinahe unbegreifliche Ansicht erscheint in milderem Lichte, wenn man bedenkt, daß noch bis zum Beginn des neunzehnten Jahrhunderts Gelehrte einen Sternschnuppenfall als irdisches Phänomen erklären wollten. Im vierten Jahrhundert v. Chr. hielt Theophrast die Milchstraße für einen Reifen, mit welchem beide Hemisphären des Himmels zusammengeschmiedet sein sollten.

Daß man es bei der Milchstraße wirklich mit einer dichten Anhäufung von Sternen zu tun hat, war eins der ersten Er-

gebnisse der Anwendung des Teleskops durch Galilei, wenn auch schon Demokrit Ähnliches vermutet hatte. Im allgemeinen schmiegt sich die Milchstraße einem größten Kreise der Sphäre an, der sogenannten galaktischen Ebene, für welche die Sternfülle ein Maximum wird. Durch Zeichnungen und photographische Aufnahmen ist die gesamte Milchstraße jetzt sorgfältig dargestellt, und in Verbindung mit den vorhandenen Sternaufnahmen, durch welche die räumliche Verteilung der Fixsterne klar wird, kann man sich auch über das Phänomen der Milchstraße eine einigermaßen richtige Vorstellung bilden.

Das gesamte Universum scheint von sphäroidischer Gestalt zu sein, und in der Ebene der großen Achse dieses elliptisch geformten Raumes befindet sich unser Sonnensystem. Auf diese Weise scheint die Sternfülle nach dem galaktischen Äquator hin zuzunehmen, ähnlich wie Gegenstände, die in unserer Visierrichtung liegen, scheinbar sich decken. Diese Überlegung wird jedoch nur in großen Umrissen der Wirklichkeit entsprechen, denn es scheint auch eine faktische Zunahme der Sternfülle nach der Milchstraßenebene hin stattzufinden.

Außer der Milchstraße erkennt das unbewaffnete Auge bei Betrachtung des Himmels an manchen Stellen kleine, wie Nebel schimmernde Flecken und zusammengedrückte Haufen von einzelnen Sternen. Erstere heißen, sobald sie eine unauflösbare Masse darstellen, Nebelflecken, und die berühmtesten derselben, schon mit bloßem Auge erkennbar, sind der Orion- und Andromeda-Nebel; die letzteren, Sternhaufen genannt, bestehen aus teils zerstreuten, teils nur in starken Fernrohren trennbaren einzelnen Sternen, die zumeist wirklich zusammengehörige Gruppen von Weltkörpern darstellen. Zwischen den Sternhaufen und den einzelnen Fixsternen gibt es eine Art Übergangsform in den Doppelsternen und mehrfachen Sternen, von denen ein scharfes unbewaffnetes Auge gleichfalls einige am Himmel wahrnehmen kann, wie z. B.  $\gamma$  Ursae majoris und  $\zeta$  Andromedae.

Die Astronomie kennt gegenwärtig durch die Anwendung sehr großer und lichtstarker Fernrohre mit Objektiven, die bis über einen Meter Durchmesser haben, ungefähr 17 000 Doppelsterne und über 25 000 Sternhaufen sowie Nebelflecken.

Das soeben entworfene Bild vom Fixsternhimmel würde aber nicht vollständig sein, wenn nicht auch die veränderlichen und die sogenannten neuen Sterne erwähnt würden. Die als



veränderlich bezeichneten Fixsterne, von denen man gegenwärtig etwa 1000 kennt, unterliegen einem Lichtwechsel längerer oder kürzerer Periode. Der merkwürdigste Vertreter dieser Gruppe liegt im Sternbilde des Walfischs; es ist  $\alpha$  Ceti, auch Mira, der Wunderbare, genannt. Dieser Fixstern wurde schon im siebzehnten Jahrhundert als veränderlich erkannt. Zuzeiten erstrahlt er als Stern erster bis zweiter Größe am Firmament. Allmählich nimmt er an Leuchtkraft ab und nach  $2\frac{1}{2}$  Monaten ist er der Wahrnehmung mit bloßem Auge entschwunden. Seine Intensität sinkt bis zur 9,5. Größenklasse, also um acht volle Stufen herab, und allmählich, nach weiteren acht Monaten, wächst Mira Ceti wieder zu einem hellen Fixstern zweiter Größe heran. Das Wesen dieser veränderlichen Sterne ist durch Anwendung von Spektroskop und Photometer dem Verständnis in neuerer Zeit nähergerückt worden. Man nimmt an, daß der Lichtwechsel durch Rotationsvorgänge in jenen fernen Fixsternwelten entsteht, oder auch durch Bewegung relativ dunkler Begleiter um jene, als Sonnen in ihren Systemen wirkenden Sterne.

Aus der Klasse der sogenannten neuen, plötzlich am Firmament aufleuchtenden Sterne ist der interessanteste der sogenannte Tycho'sche Stern, der 1572 plötzlich in der Konstellation der Cassiopeia aufleuchtete und von Tycho de Brahe sorgfältig beobachtet wurde. Während jener dicht bei der Cassiopeia auftauchende Stern im November 1572 im prachtvollen Glanze strahlte, wurde er allmählich schwächer, und nach etwa  $1\frac{1}{2}$  Jahren war für das bloße Auge keine Spur mehr von ihm zu sehen. Nach neueren Untersuchungen mit den lichtstärksten astronomischen Fernrohren steht an der für die Nova Cassiopeiae bezeichneten Stelle ein schwaches Lichtpünktchen etwa elfter Größenklasse, welches vermutlich mit jenem Tycho'schen Stern identisch ist. Vielleicht war auch jener biblische Stern von historischem Interesse, welcher nach der heiligen Schrift die Weisen aus dem Morgenlande nach Bethlehem führte, ein neuer Stern, was sich astronomisch jedoch nicht nachweisen läßt.

Neuerdings ist in der Konstellation des Perseus ein besonders interessanter neuer Stern aufgetaucht. Dieses Gebilde, das im Februar 1901 in England als schnell aufleuchtender neuer Stern entdeckt wurde, jetzt aber nur noch im Fernrohr als Sternchen elfter Größenklasse sichtbar ist, hat durch wunderbare Nebenerscheinungen ein hohes astronomisches, speziell kosmogonisches

Interesse erregt. Es gelang nämlich, in der Umgebung jenes neuen Sterns Nebelpartien zu entdecken, welche die Nova Persei in weiter Ausdehnung umgaben. Deutlich zeigten sich bei den photographischen Aufnahmen vier helle Lichtknoten innerhalb der Nebelmasse der Nova, und sechs Wochen später gelang es, bei einer besonders scharfen Aufnahme jener feinen Nebelmasse festzustellen, daß Struktur und relative Lage der Nebelpartien zwar unverändert geblieben waren, daß jedoch die vier Lichtknoten sämtlich um 90 Bogensekunden in 42 Tagen weiter von der Nova fortgerückt waren. Dieses bedeutete eine geradezu staunenerregende Wahrnehmung, weil daraus eine Bewegung von über zwei Bogensekunden pro Tag für die Lichtknoten folgte, während es nur wenige Fixsterne am Himmel gibt, die sich in einem Jahr um so viel fortbewegen. Es fragt sich nun, wie groß die lineare Verschiebung ist, welcher einer Winkelbewegung von etwa zwei Bogensekunden entspricht. Um diese Berechnung auszuführen, mußte man eine Annahme über die Entfernung des neuen Sternes machen, der so weit von der Erde absteht, daß sich kein merklicher Parallaxenwert für ihn hat feststellen lassen. Nimmt man nach Analogieschlüssen für diesen Abstand etwa 2600 Billionen Kilometer an, so kommt man auf eine Geschwindigkeit von 300 000 Kilometer pro Sekunde, die nicht mehr materiellen Teilchen, sondern den Lichtwellen selbst zugehört. Mit dieser ziemlich wahrscheinlichen Annahme würde also in den Nebelpartien der Nova Persei die Wanderung von Lichtwellen ad oculos demonstriert, vor sich gegangen sein. Nach neueren Anschauungen leuchtet ein bisher dunkler Stern, wenn er auf seinem Wege im Weltenraum durch kosmische Nebelmassen gelangt, infolge der Zusammenstöße hellstrahlend auf. Bei der für die Nova Persei angenommenen Entfernung haben die Lichtstrahlen fast 280 Jahre bis zur Ankunft auf die Erde gebraucht, jedoch nur wenige Tage oder Wochen bis zu den umgebenden Teilen des Nebels in der Nova, die alsdann mit entsprechender Verspätung im reflektierenden Lichte uns sichtbar wurden. Es ist interessant, daß sich aus der Bewegung der Lichtknoten in den verschiedenen Aufnahmen des Nebels unter Zugrundelegung der Lichtgeschwindigkeit nach J. Ristenpart genau das Datum der Entdeckung (21. Februar 1901) feststellen läßt als derjenige Tag, an welchem die in der Nebelmasse weiter wandernden Lichtwellen von dem neuen Stern selbst ausgegangen sein dürften.

Inmitten dieser Welt von Fixsternen, deren Statistik soeben ganz kurz geschildert wurde, bewegt sich das Sonnensystem, zu dem unsere Erde gehört, nebst seinem Zentralgestirn, der Sonne, den einzelnen Planeten mit den Trabanten und den unregelmäßig erscheinenden Kometen wie Meteoren. Dieses Sonnensystem in seiner Ausdehnung von etwa 9000 Millionen Kilometern nimmt im ganzen Universum nur einen verschwindend kleinen Raum ein. Aber die Ausdehnung des mit den größten Fernrohren uns zugänglichen Theiles des Weltraumes hat man sich in neuerer Zeit wenigstens eine Vorstellung zu machen versucht. Danach beträgt in jenem großen elliptisch geformten Raume die große Achse etwa 16 000 Lichtjahre, die kleine 8000 Lichtjahre. Zum besseren Verständnis dieser Zahlen sei erwähnt, daß unser Sonnensystem mit der ihm innewohnenden translatorischen Bewegung durch den Weltraum, die etwa 19 Kilometer pro Sekunde beträgt, die große Achse jenes Theiles des Universums in ungefähr 250 Millionen Jahre durchlaufen würde. Jeder der vielen Millionen Fixsterne ist selbst eine Art Zentralsonne, um welche sich ein System von Weltkörpern gruppiert. Allerdings ist es erst bei zwei unter den Fixsternen der modernen astronomischen Technik und Rechnung gelungen, dunkle Begleiter aufzufinden, welche das Zentralgestirn nach Art unserer Planeten umkreisen. Es ist dies Sirius im großen und Procyon im kleinen Hund. Bei ersterem ist der dunkle Begleiter direkt wahrgenommen worden, beim zweiten konnte die Existenz desselben nur aus den Bewegungen des Hauptsternes rechnerisch erschlossen werden.

So weit wir bis jetzt die Bestandtheile unseres Sonnensystems kennen, und wir sind sicherlich noch lange nicht am Ende dieser Kenntnis angelangt, läßt sich jenes System folgendermaßen statistisch einteilen:

1. Die Sonne als großer Centralkörper, der den Planeten Licht und Wärme spendet;
2. vier mittlere Planeten, Merkur, Venus, Erde und Mars, die die Sonne in elliptischen Bahnen umkreisen;
3. vier große Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, welche der allgemeinen Anziehung folgend, in ähnlichen Bahnen um das Centralgestirn laufen;
4. eine große Anzahl — gegenwärtig etwa 750 kleine Planeten oder Planetoiden, welche hauptsächlich zwischen



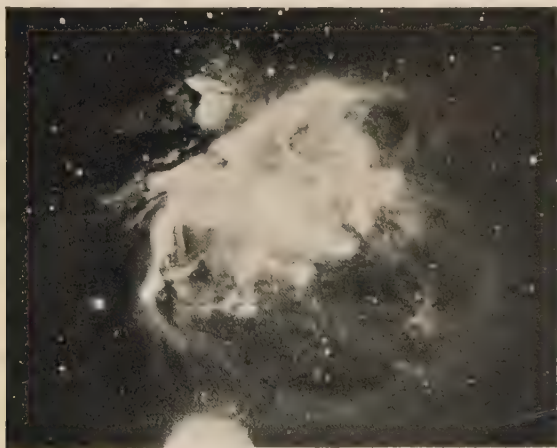
der Mars- und Jupiterbahn sich bewegen und von denen jeder so winzig ist, daß alle zusammengekommen kaum den zehnten Teil unserer Erde ausmachen.

Es wurde gesagt, daß der Schwarm der kleinen Planeten sich hauptsächlich zwischen Jupiter und Mars befindet. Unsere Kenntnis von der Bahn dieser kleinen Planeten hat nämlich in neuerer Zeit eine nicht unbeträchtliche Wandlung dadurch erfahren, daß es gelungen ist, Planetoiden aufzufinden, deren Bahn zum Teil diesseits zwischen Mars und Erde, zum Teil jenseits zwischen Jupiter und Saturn gelegen ist.

5. Eine Anzahl von Planetentrabanten oder Monden, im ganzen 26, von denen allein 23 den großen äußeren Planeten zugehören. Es hat nämlich die Erde 1, Mars 2, Jupiter 8, Saturn 10, Uranus 4 und Neptun 1 Trabanten, welche den zugehörigen Planeten und mit ihm zugleich auch die Sonne umkreisen.
6. Eine große Anzahl von Kometen, welche teils dem Sonnensystem angehören, teils nur sporadisch innerhalb desselben auftauchen. Von ersteren, die stark exzentrische, elliptische d. h. geschlossene Bahnen um die Sonne durchlaufen, kennt man 20 genau, 27 annähernd und bezeichnet diese 47 Haarsterne als periodische Kometen. Die Anzahl der nichtperiodischen oder sporadischen Kometen, welche sich in parabolischen Bahnen oder auch in Hyperbeln bewegen, ist unbekannt, da in jedem Jahre neue hinzukommen. Bisher dürften etwa 800 solcher sporadischer Kometen genauer bekannt geworden sein.
7. Eine unbegrenzte Zahl von Meteoriten und Sternschnuppen, die als kleinste Weltkörperchen sich in unendlicher Zahl in unserem Sonnensystem vorfinden und höchst wahrscheinlich Auflösungsprodukte von Kometen darstellen. Meteore und Sternschnuppen gelangen erst dann zu unserer Wahrnehmung, wenn sie in die Erdatmosphäre eindringen und zumeist in den oberen Schichten derselben durch Reibung während ihres Fluges sich entzünden.

Aus der soeben kurz skizzierten Klassifikation erkennt man, wie außerordentlich mannigfaltig die Zusammensetzung unseres Sonnensystems ist. Ferner zeigt die Statistik, daß allein die Hauptkörper desselben, die Planeten, in Größe, Masse und Ent-

fernung, ganz abgesehen von ihrer physischen Beschaffenheit durchaus verschieden voneinander sind. So ist z. B. der bisher äußerste Planet Neptun etwa achtzigmal so weit von der Sonne entfernt als Merkur, und der größte Planet Jupiter etwa 2000 mal so schwer wie der innerste Planet Merkur. Nimmt man die Massen aller bekannten Planeten zusammen, so beträgt die Sonnenmasse noch 800 mal mehr. Jupiter allein ist etwa dreimal so schwer, wie alle anderen sieben Planeten zusammengenommen, ebenso Saturn ungefähr dreimal so schwer, wie die sechs kleineren



Großer Nebel im Sternbilde des Orion.

Planeten kombiniert. Endlich betragen die vereinigten Massen von Merkur, Venus und Mars erst so viel wie die Erdmasse allein.

Noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts glaubte man, für die Entfernung der Hauptplaneten und der als zusammengefaßter Planet geltenden Planetoidengruppe von der Sonne ein zahlenmäßiges Gesetz gefunden zu haben. Es war dies das von Titius und Bode entdeckte Zahlengesetz, welches die folgende Zahlenreihe zugrunde legte:

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192 . . . . .

Diese Zahlenreihe stellt von der zweiten Ziffer ab eine sogenannte geometrische Progression dar, wobei die folgende Zahl das doppelte der vorangehenden beträgt. Wird zu diesen Einzelzahlen

jedesmal 4 addiert, so erhält man, wenn die Erdentfernung = 10 gesetzt wird, folgende Zahlenreihe für die Abstände der Planeten von der Sonne:

$0 + 4 = 4$ Merkur	$24 + 4 = 28$ Planetoiden
$3 + 4 = 7$ Venus	$48 + 4 = 52$ Jupiter
$6 + 4 = 10$ Erde	$96 + 4 = 100$ Saturn
$12 + 4 = 16$ Mars	$192 + 4 = 196$ Uranus.

Dieses, seinerzeit großes Aufsehen erregende Zahlengesetz stimmt in der That von Merkur bis Uranus auffallend bis auf etwa 3% mit den tatsächlichen Entfernungsverhältnissen der Planeten überein. Aber die im Jahre 1846 erfolgte Entdeckung des bisher äußersten Planeten Neptun entzog jenem nur scheinbaren Gesetz den Boden und ließ es lediglich als ein Zahlenspiel erscheinen. Nach obiger Zahlenreihe würde sich für die Entfernung des Planeten jenseits des Uranus von der Sonne  $384 + 4 = 388$  ergeben, während seine wirkliche Entfernung nur 300 beträgt. Immerhin läßt sich das erwähnte Zahlenspiel von Titius-Bode als bequemes mnemotechnisches Hilfsmittel für die Abstände der Planeten von der Sonne verwenden.

### Drittes Kapitel.

#### Dynamik des Universums.

Wir haben im vorangehenden Kapitel das Universum in großen Umrissen gewissermaßen statistisch kennen gelernt. Bevor wir zur Einzelbetrachtung der Bestandteile unseres Sonnensystems übergehen, dürfte es geboten sein, einen kurzen Überblick über die im Weltenraume wirkenden Kräfte und Bewegungen zu geben.

Schon im Altertum hatte man erkannt, daß der scheinbare Lauf der Planeten an der Himmelskugel, wie die direkten Beobachtungen ihn ergaben, sehr verwickelter Natur sei und daß die beobachteten Unregelmäßigkeiten im Planetenlauf durch eine Anzahl von Ungleichheiten sich erklären ließen. Bereits Eudoxus, ein Schüler Platos, versuchte die Planetenbewegung durch Einführung sogenannter homozentrischer Sphären darzustellen. Durch passende Wahl der Pole sowie der Geschwindigkeiten

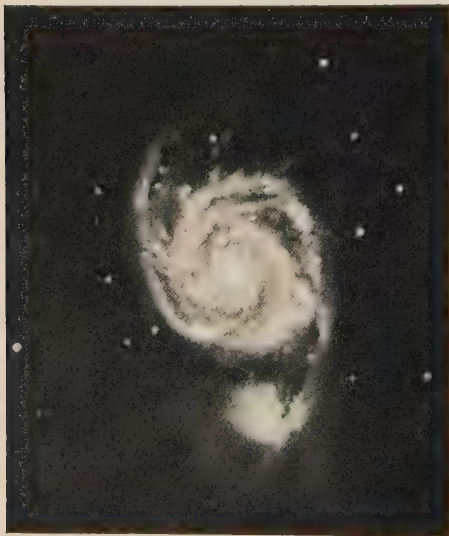


dieser Sphären gelang es ihm, die Bewegung der Planeten wenigstens in Breite, also in der zur Elliptik senkrecht stehenden Koordinate einigermaßen zu erklären. Von Hipparch und Ptolemäus, den großen alexandrinischen Astronomen, wurde jene noch immer künstliche Darstellung des Planetenlaufes durch zwei sehr sinnreiche Hilfsmittel vervollkommenet, indem sie zur Erklärung der Ungleichheiten den sogenannten exzentrischen Kreis und die Epizykel einführten und damit gewissermaßen schon einen ersten Übergang zur elliptischen Bewegung erdachten. Diese, besonders von Ptolemäus ausgebildete geozentrische Planetentheorie (Erde im Mittelpunkt des Sonnensystems) blieb für vierzehn Jahrhunderte die herrschende, bis im sechzehnten Jahrhundert das Werk von Kopernicus „De revolutionibus orbium coelestium“ zu Nürnberg erschien. Da erkannte man mit einem Schlage, daß die Bewegung der Gestirne sich viel einfacher erklären ließ, wenn man die Erde als bewegt voraussetzte und die Sonne im Mittelpunkte des Planetensystems ruhend sich dachte. Zu diesem Zwecke gab Kopernicus der Erde drei Bewegungen: eine Achsendrehung, um die tägliche Bewegung der Himmelskugel, eine jährliche Bewegung, um die scheinbare Bahn der Sonne, und eine Bewegung der Erdschse im Raume, um die Präzessionserscheinungen zu erklären. Zu diesen drei von Kopernicus eingeführten Bewegungen der Erde kommen, wie wir jetzt wissen, noch zwei hinzu, eine säkulare, translatorische im Weltenraum zugleich mit der Sonne nach dem Sternbilde des Herkules hin, und eine periodische Bewegung der Erdschse im Erdkörper selbst, hervorgerufen durch wechselnde Belastungen der Erdoberfläche.

Das Kopernikanische System fand bedeutende Gegnerschaften und stieß, wie jedes neue Problem, auf erhebliche Schwierigkeiten. Erst Kepler hat das unsterbliche Verdienst, dieser heliozentrischen Anschauung (Sonne im Mittelpunkt des Planetensystems) zum Siege verholfen zu haben, indem er seinen mathematischen Scharfsinn an den für die damalige Zeit ausgezeichneten Planetenbeobachtungen Tycho de Brahes erwies. So entstanden die beiden Hauptwerke Keplers: „Astronomia nova, seu physica coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis 1609“ und „Harmonices mundi 1619“. In der „Astronomia nova“ sind die beiden ersten Keplerschen Gesetze der elliptischen Bahnbewegung, in der „Harmonie der Welt“ ist das dritte der Kepler-

ſchen Geſetze hergeleitet worden, auf die wir noch näher eingehen werden. Dem Scharffinn Keplers verdankt man auch die erſte genauere Auffindung der Bahnelemente für die Erde und für die damals bekannten fünf großen Planeten Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn.

Den nächſten gewaltigen Schritt nach vorwärts in der theoretiſchen Aſtronomie tat Newton, indem er 1687 in ſeinem berühmten Werke „Philosophiae naturalis principia mathematica, das Gravitationsgeſetz be-



Spiralnebel in den „Jagdhunden“.

gründete und nachwies, daß die drei Keplerschen Geſetze nur Folgerungen des großen Geſetzes der allgemeinen Maſſenanziehung ſeien. Zugleich gab Newton die erſte Löſung, allerdings noch auf dem mühsamen Wege graphiſcher Konſtruktion, für das Problem, die parabolische Bahn eines Kometen zu beſtimmen.

Das von Newton ſo gewaltig geförderte Problem der Bahnbe-

ſtimmung der Planeten erfuhr im ſiebzehnten und achtzehnten Jahrhundert ſelbſt durch die von W. Herſchel 1781 vollzogene Entdeckung des Planeten Uranus keine erhebliche Förderung, bis am erſten Tage des neunzehnten Jahrhunderts (1. Januar 1801) der erſte Planetoid „Ceres“ von Piazzzi in Palermo entdeckt wurde. Da bot ſich der theoretiſchen Aſtronomie das neue Problem, die Bahn eines Himmelskörpers aus Beobachtungen, die nur einen kurzen Zeitraum umfaſſen (etwa 40 Tage), und ohne jede hypothetiſche Vorausſetzung zu beſtimmen. Dieſe Aufgabe löſte kein Geringerer als C. F. Gauss in bewundernswerter Weiſe; er entwickelte die Methode, welche ihn zur Auf-

findung der Ceresbahn führte, im Jahre 1809 in seinem berühmten Werke „*Theoria motus corporum coelestium in sectionibus conicis solem ambientium*“.

Ungefähr zu derselben Zeit entstand das Hauptwerk des französischen Astronomen Laplace „*Traité de la Mécanique céleste*“, durch welches die ganze Himmelsmechanik mitsamt der sogenannten Störungsrechnung für die Planetenbahnen eine gewaltige Förderung erhielt, die ihren größten Triumph in der rechnerischen Entdeckung des Planeten Neptun im Jahre 1846 feierte.

Auch das Problem der Bahnbestimmung von Kometen hat seit Newton große Fortschritte gemacht durch die Arbeiten von Lacaille, Boscovich, Lambert, Euler, Lagrange und Laplace. Aber erst der Bremer Astronom W. Olbers (1758—1840) gab dieser schwierigen Aufgabe diejenige Lösung, welche theoretisch und praktisch jeder Anforderung genügte und auch heute noch nicht durch eine wesentlich vollkommenere Methode ersetzt worden ist.

Nach diesem Überblick über die Entwicklung der theoretischen Astronomie kehren wir wieder zu Kepler zurück. Als dieser große Astronom zu Beginn des siebzehnten Jahrhunderts die Bewegung der Planeten nach den Beobachtungen Tycho de Brahes mathematisch zu berechnen versuchte, gelang es seinem spekulativen und doch streng mathematisch geschulten Geiste das Kopernikanische System weiter auszubilden. Er fand zuerst bei Darstellung der Tychonischen Marsbeobachtungen, daß die himmlischen Bewegungen nicht, wie die Alten vermuteten, durch gleichförmige epizyklische Kreisbewegungen sich erklären ließen, sondern daß hierzu die Zugrundelegung von Ellipsen notwendig ist, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. Das Ergebnis der Keplerschen Arbeiten war die Auffindung der drei berühmten, nach ihm benannten Gesetze, welche die Bewegung der Planeten darstellen und folgendermaßen lauten:

1. Die Bahn jedes Planeten ist eine elliptische mit der Sonne in einem Brennpunkte.
2. Bei der elliptischen Bewegung um die Sonne beschreibt der Leitstrahl oder Radiusvektor eines Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume.
3. Zwischen Entfernung und Umlaufzeit der Planeten gilt folgende Beziehung: Die Quadrate der Umlaufzeiten

verhalten sich wie die dritten Potenzen der mittleren Entfernungen von der Sonne.

Jene Keplerschen Gesetze sind keine bloßen Zahlenspiele, wie das früher erwähnte Titius-Bode'sche Gesetz, sondern sie müssen als wirkliche Naturgesetze aufgefaßt werden, die auf einer tieferen Ursache, einer bestimmten Kraftwirkung im Universum beruhen. Diese wird dargestellt durch das Gesetz der allgemeinen Massenanziehung oder das Gravitationsgesetz, welches erst fast hundert Jahre nach Kepler von Newton gefunden wurde.

Um ein allgemeines Gesetz in den himmlischen Bewegungen klar zu erkennen, von denen die Keplerschen Gesetze nur Spezialfälle sein konnten, mußte die exakte Naturwissenschaft den gewaltigen Schritt von der rein geometrischen Anschauungsweise Keplers zu einer physisch-mechanischen Betrachtungsweise nach vorwärts tun. Diesen Fortschritt verdankt man Galilei und Huygens; der große florentiner Märtyrer des Kopernikanischen Systems untersuchte zur Darstellung der Bewegung in den Himmelsräumen die einfachen Erscheinungen und Vorgänge bei der Bewegung irdischer Körper infolge der Schwere auf experimentell-mathematischem Wege. Er fand die Gesetze des Falls, des Gleitens, der Schwingung, kurz die fundamentalen Gesetze der sogenannten Dynamik. Huygens ebnete den Weg zur Lehre von der allgemeinen Anziehung, indem er die wichtigen Gesetze der Zentrifugalkraft ermittelte.

Aber erst dem genialen Newton war es vorbehalten, die Gesetze der Dynamik auf das Sonnensystem anzuwenden und die Theorie der Gravitation oder der allgemeinen Massenanziehung zu finden. Die drei bekannten Bewegungsgesetze, welche der Newtonschen Entdeckung zugrunde liegen, sind folgende:

1. Ein in Bewegung befindlicher Körper, auf den keine weitere Kraft — abgesehen von dem ersten Anstoß (!) — wirkt, bewegt sich gradlinig und mit gleicher Geschwindigkeit unaufhörlich fort.
2. Wirkt eine bestimmte Kraft auf einen solchen, bereits in Bewegung befindlichen Körper, so entsteht eine Abweichung von der nach dem ersten Gesetze sich ergebenden Bewegung in der Weise, daß die Richtung jener Abweichung mit derjenigen der neuen Kraft übereinstimmt und daß ihre Größe derjenigen der neuen Kraft proportional ist.



3. Wirkung und Gegenwirkung, oder Aktion und Reaktion sind einander gleich und entgegengesetzt; wird also von einem Körper eine Kraft auf einen zweiten ausgeübt, so übt auch der letztere eine gleiche Kraft, aber in entgegengesetzter Richtung auf den ersteren aus.

Von diesen drei Bewegungsgesetzen sind die beiden letzteren ohne weiteres verständlich. Dagegen bildet das erste, und gerade das wichtigste, jenes geheimnisvolle, vor Newton unerkannte Bindeglied zwischen den Bewegungen auf der Erde, die dem Experiment zugänglich sind und den Bewegungsvorgängen im Universum, die nur in ihren Folgeerscheinungen sich bemerkbar machen. Es gibt auf der Erde keinen Körper, der sich andauernd in gerader Linie fortbewegen kann, da jeder dem Experiment zugängliche Körper infolge der Schwerkraft zur Erde fällt und da seine freie Bewegung durch Reibung sowie Luftwiderstand gehemmt wird. Man wußte seit Galilei durch das direkte Experiment, daß es überall auf der Erde von der Meeresfläche herauf bis zu den höchsten Bergesgipfeln und herunter bis in die tiefsten Schächte der Berge eine Kraft, die Schwere, gibt, welche alle Körper nach dem Mittelpunkt der Erde hin zieht, so daß sie in der ersten Sekunde nicht ganz 5 Meter fallen. Newton verglich nun diese einfache Schwerkraft mit derjenigen, welche den Mond in seiner nahezu kreisförmigen Bahn um die Erde hält und ihn hindert, in gerader Linie entsprechend dem ersten Bewegungsgesetze fortzufliegen. Aus den am Ende des siebzehnten Jahrhunderts bekannten astronomischen Daten fand Newton die Abweichung der Mondbahn von einer geraden Linie zu etwa 5 Metern in einer Minute, also in 60 Sekunden. Ein Körper in der Entfernung des Mondes würde also, um zuerst 5 Meter nach der Erde zu fallen, 60 Sekunden gebrauchen, während an der Erdoberfläche selbst hierzu 1 Sekunde genügt. 60 mal so groß wie die Entfernung der Erdoberfläche vom Erdmittelpunkt (6370 km) ist aber die Distanz des Mondes von der Erde (385 000 km). Aus dieser einfachen Rechnung in Verbindung mit dem gleichfalls bekannten Fallgesetze, daß die Fallräume sich wie die Quadrate der Fallzeiten verhalten, folgt sofort die Überlegung: die den Mond in seiner Bahn haltende Kraft muß identisch sein mit derjenigen, welche einen Stein zur Erde fallen läßt; nur ist erstere verringert im Verhältnis des Quadrates der Distanz Mond—Erde.

So hatte Newton den Übergang von der Schwerkraft, die einen fallenden Stein beeinflusst, zu der den Mond bewegenden allgemeinen Anziehung vollzogen. Ein weiterer Schritt war es, diese allgemeine Anziehung oder Gravitation auch auf die um die Sonne sich bewegenden Planeten auszudehnen, welche einer gegen die Sonne gerichteten Kraft in ihren Bahnen gehorchen. Ganz allgemein lautet das Newtonsche Gesetz der Massenanziehung oder das Gravitationsgesetz folgendermaßen: Jedes materielle Teilchen im Universum zieht jedes andere mit einer Kraft an, die sich proportional ihren Massen und umgekehrt proportional dem Quadrat ihres gegenseitigen Abstandes verhält. Bezeichnet man die beiden Massen zweier Körper mit  $m_1$  und  $m_2$  und ihren Abstand mit  $d_{1,2}$ , so erhält die Gravitation  $G$  den einfachen mathematischen Ausdruck:

$$G = \frac{m_1 m_2}{d_{1,2}^2} \text{ Constans.}$$

So einfach ist die mathematische Formel für das Gravitationsgesetz! Nun läßt sich streng nachweisen, daß in diesem einen Newtonschen Gesetze der allgemeinen Massenanziehung sämtliche drei Gesetze Keplers als Spezialfälle enthalten sind; ferner folgt aus Newtons Theorie, daß die Bahnen der Himmelskörper allgemein sogenannte Kegelschnitte sein müssen, d. h. je nach den Umständen entweder Ellipsen für die Planeten und Parabeln oder Hyperbeln für die Kometen mit der Sonne in einem ihrer Brennpunkte.

So verschwand, um auf das Newtonsche Gesetz der Gravitation zurück zu kommen, mit einem Schlage alles Geheimnisvolle aus den Bewegungen der himmlischen Körper. Man weiß seit Newton, daß die Bewegungen im Himmelsraume genau nach denselben Gesetzen, nur unter ganz verschiedenen Bedingungen, wie die auf der Erde uns umgebenden Bewegungserscheinungen sich vollziehen. Gleichzeitig folgt aus dem Newtonschen Gesetz, daß es — theoretisch wenigstens — keine Grenze gibt für die Wirkung der allgemeinen Anziehung im Universum. Dieselbe gilt sowohl in unserem Sonnensystem als auch in den unendlich weit entfernten Fixsternwelten. Mit der Gravitation ist man ferner imstande gewesen, die Präzession der Tag- und Nachtgleichen zu berechnen und u. a. auch die Erscheinungen der Ebbe und Flut vollkommen zu erklären.

Das Gravitationsgesetz in seiner einfachen Form gilt also im Makrokosmos für endliche und unendlich große Entfernungen materieller Teilchen. Anders verhalten sich aber Kräfte und Bewegungen im Mikrokosmos oder im Reiche der unendlichen kleinen Distanzen, wo die sogenannten Molekularkräfte zwischen den kleinsten Teilchen der Materie, den Molekülen, wirken. Diese eigenartigen und unabhängig von der Schwere waltenden Kräfte spielen bekanntlich eine große Rolle in der Physik und Chemie, besonders bei der kinetischen Gastheorie. Neuerdings ist die physikalische Chemie noch einen Schritt weitergegangen und hat auch die Gruppierung der Atome zueinander ins Auge gefaßt, gleichsam als Weltsysteme kleinster Teilchen.

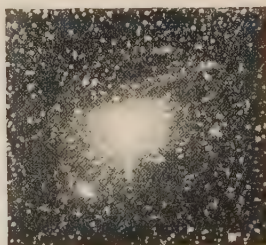
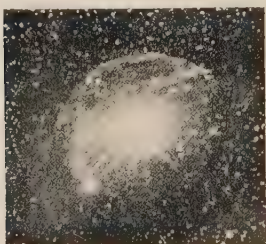
Doch vergegenwärtigen wir uns jetzt das Walten des Newtonschen Attraktionsgesetzes in unserem Sonnensystem. Es ist klar, daß in einem solchen abgeschlossenen System von Körpern jeder Körper alle übrigen anziehen wird. Infolge dieser allgemeinen gegenseitigen Anziehung können die Planeten in ihren Bahnen aber nicht genau die Keplerschen Gesetze befolgen, denn diese gelten nur für einen Zentralkörper und je einen Planeten, der ihn umkreist. Es gibt aber viele Planeten, die sich um einen Zentralkörper bewegen; daher muß die ideale Bahn jedes einzelnen infolge der Gesamtanziehung aller übrigen gestört werden. In der That zeigen die genaueren Beobachtungen, daß die Planeten sich nicht streng nach den Keplerschen Gesetzen bewegen. Es kommt nun darauf an, diese sogenannten Störungen der Planetenbahnen durch die Gravitation zu erklären und genau zu berechnen; darin beruht eine der schwierigsten und zugleich wichtigsten Aufgaben der Himmelsmechanik, das Problem der drei Körper oder auch der vielen Körper genannt. Eine vollständige und absolute Lösung dieses Problems ist bisher noch nicht gefunden worden. In allgemeiner Form läßt sich dasselbe folgendermaßen ausdrücken: eine beliebige Zahl von Planeten mit bekannter Masse sind im Raume zerstreut; ihre Stellungen, Geschwindigkeiten und Bewegungsrichtungen sind für einen bestimmten Zeitmoment gegeben; sie ziehen einander sämtlich nach dem Gravitationsgesetz an und es gilt nun, allgemeine Formeln aufzufinden, durch welche die Stellungen jener Körper zu jeder beliebigen Zeit bestimmt werden.

Diese komplizierte Aufgabe hat die mathematische Wissenschaft zur Zeit Newtons noch nicht lösen können, denn erst in der

zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts gelang es, die Theorie der Störungsrechnungen aufzustellen. Es war besonders Laplace, der in seiner „Himmelsmechanik“, dem gewaltigsten Werke der theoretischen Astronomie, dieses Problem zu einem gewissen Abschluß gebracht hat. Aber trotz der ganzen mathematischen Einsicht und trotz aller bisher auf dieses Problem verwandten Energie ist man bis heute, also 100 Jahre nach dem Erscheinen der Laplaceschen „Mécanique céleste“, noch nicht wesentlich über eine genäherte Auflösung des Störungsproblems

1901 Sept. 20.

1901 Nov. 13.



Der neue Stern im Perseus (Nova Persei) mit Nebelbildungen.

hinausgekommen. Allerdings kann diese Annäherung an die Wahrheit als außerordentlich groß bezeichnet werden. Das beweist einmal die nur auf rechnerischem Wege erfolgte Entdeckung des bisher äußersten Planeten Neptun auf Grund von Störungen, die dieser Himmelskörper auf die Uranusbahn ausübt, und ferner die gute Übereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Örtern der Himmelskörper.

## Viertes Kapitel.

### Einzelbeschreibung der Himmelskörper.

#### Die Sonne.

Von allen Himmelskörpern ist die Sonne der bei weitem wichtigste für uns Menschen. Alle übrigen Gestirne, mit Ausnahme des Mondes, der aber auch nur Ebbe und Flut der Meere hervorbringt, haben, abgesehen von den Lichtwirkungen, keinerlei



physischen Einfluß auf das irdische Leben. Die Sonne dagegen gehört unzertrennlich zum Leben auf der Erde, gleichsam wie das Blut zum lebenden Körper. Das Verlöschen der Sonne müßte den sicheren Untergang alles irdischen Lebens und auch etwaiger Keime auf den übrigen Planeten mit sich führen. Jede Bewegung und Regung der organischen wie der anorganischen Natur ist abhängig vom Sonnenlicht, der Sonnenwärme und der Sonnenanziehung. Man kann daher sagen, daß das Leben auf der Erde kosmischen Ursprungs sei, allerdings nicht in dem Sinne des jüngst verstorbenen Lord Kelvin, welcher sich vorstellte, daß der erste Lebenskeim etwa durch ein winziges Meteorkörperchen auf die Erde heruntergekommen ist. Wie kam dieser Keim auf das Meteorkörperchen, müßte man dann fragen.

Der Sonne verdanken wir zunächst den Wechsel von Tag und Nacht im Anschluß an die Erdrotation, ferner den Wechsel der Jahreszeiten unter Zugrundelegung der Revolution der Erde um die Sonne. Die Sonnenwärme versorgt unsere Atmosphäre mit Wasser; sie zieht den Pflanzenkeim aus der Erde und entfaltet ihn zum blätterreichen Baume. Nun kommt das Sonnenlicht mit seiner geheimnisvollen chemischen Arbeit, durch welche das Blattgrün die von tierischen Organismen ausgeatmete Kohlensäure wieder aufnimmt und in Kohlenstoff und Sauerstoff zerlegt. Ohne diese Kraft des Sonnenlichtes würde unsere Atmosphäre im Laufe der Zeit sich in schädlicher Weise mit der von tierischen Lebewesen ausgestoßenen Kohlensäure überfüllen. Man kann ausrechnen, daß durch die Ausatmung der gesamten Bevölkerung der Erde, also von rund 1600 Millionen Menschen, in etwa sechs Jahrhunderten der normale Kohlenstoffgehalt unserer Atmosphäre sich verdoppeln müßte, wenn nicht die Pflanzen gerade mit Hilfe der Sonnenstrahlen die Luft wiederum sauerstoffreich machen würden. Ohne die erwähnte chemische Kraft der Sonnenstrahlen wären die Pflanzen auch gar nicht imstande, durch Assimilation mineralischer Stoffe aus der Erde die wichtigsten Nahrungsmittel der Kohlenhydrate zu liefern, auf die jedes Wesen im Tierreich angewiesen ist. Die Sonne bedingt daher das gegensätzliche Wechselwirken zwischen Tier- und Pflanzenwelt.

Kast alle unsere künstlichen Lichtquellen stehen in Beziehung zur Sonne. Mit Ausnahme der galvanischen Elektrizität sind

wenigstens indirekt alle künstlichen Lichtquellen erzeugt worden durch die Sonnentätigkeit der früheren Zeit. Da die Steinkohlen vegetabilische Verbrennungsprodukte darstellen, arbeitet in unseren Dampfmaschinen und in unseren elektrischen Bogenslampen eigentlich das Sonnenlicht in veränderter Form, jenes Sonnenlicht, dessen gigantische Kraftquelle seit Jahrtausenden, wie man anzunehmen allen Grund hat, keine merkliche Intensitätsabnahme aufweist.

Doch verlassen wir diese mehr biologischen und geophysikalischen Betrachtungen und wenden wir uns zu den eigentlichen astronomisch-physikalischen Darlegungen über die Sonne, um über die Natur jenes gewaltigen Zentralkörpers unseres Planetensystems genauere Schlüsse ziehen zu können.

Die Sonne ist rund 20 Millionen Meilen oder 150 Millionen Kilometer von uns entfernt. Der mittlere Durchmesser der Sonne erscheint, von der Erde aus gesehen, etwas über  $1/2$  Grad oder durchschnittlich 32 Minuten groß. Die Erde beschreibt eine elliptische Bahn um die Sonne, und da wir im nördlichen Winter der Sonne um etwa 5 Millionen Kilometer näher sind als im nördlichen Sommer, beträgt die Maximalschwankung des scheinbaren Sonnendurchmessers rund eine Minute.

Die Distanz Sonne—Erde ist die wichtigste astronomische Konstante, das sogenannte kosmische Meter, welches für alle Messungen im Planetensystem als Einheit gilt. Die Bestimmung der Sonnenentfernung erfolgt neuerdings auf sehr interessante Weise durch spektroskopische Messungen. Die Ermittlung dieser Entfernung geschah früher auf Grund direkter Messungen, die sich auf die gelegentlich eintretenden Vorübergänge der Venus vor der Sonnenscheibe oder auf Entfernungsbestimmungen der unserer Erde häufiger nahe kommenden Planeten und Planetoiden bezogen, z. B. auf Mars, Merkur oder Eros. Das sind alles sogenannte astrometrische Messungen, d. h. direkte — sei es visuelle oder photographische — Winkel- und Distanz-Auswertungen im Fernrohr. Neuerdings ist die schon erwähnte Methode hinzugekommen, um auf astrophysikalischem Wege die Sonnenentfernung zu bestimmen durch Ausmessung von Verschiebungen photographisch aufgenommener Spektrallinien gewisser Sterne, die in der Nähe der Ekliptik liegen und zu entgegengesetzten Jahreszeiten aufgenommen werden. Es ist klar, daß einmal die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne

sich auf solche Sterne zu bewegt und nach einem halben Jahre sich von ihnen fortbewegt. Nach dem Dopplerschen Prinzip, das in der Akustik für Schallwellen und ebenso auch in der Optik gilt, verschieben sich die Spektrallinien, die von einem leuchtenden Körper ausgehen, beim Annähern an denselben mehr nach dem violetten, beim Entfernen von dem leuchtenden Körper nach dem roten Teile des Spektrums. Auf diese Weise läßt sich einmal die Bewegung der Fixsterne im Gesichtsradius ermitteln, und dann auch die Erdgeschwindigkeit bestimmen, mit welcher der Beobachter bewegt wird. Die jährliche Geschwindigkeit der Erde um den Zentralkörper hängt nun zusammen mit der Entfernung unseres Planeten von der Sonne; je größer diese Entfernung, desto langsamer, je kleiner diese Entfernung, desto schneller bewegt sich die Erde in ihrer Bahn. Aus der beobachteten mittleren Erdgeschwindigkeit kann man daher die Sonnenentfernung berechnen. Eine solche Beobachtungsreihe auf spektrophotographischem Wege ist zuerst von F. Küstner ausgeführt worden und hat zu außerordentlich genauen Ergebnissen geführt. Es ist damit eine Methode zur Bestimmung der Sonnenentfernung gewonnen, bei der man nicht zu warten braucht, bis ein Planet vor der Sonnenscheibe vorbeizieht, sondern die man mit den großen Spektrographen der modernen Riesenfernrohre jederzeit anwenden kann. Damit ist ein neues und sehr interessantes Band geknüpft zwischen den zwei verschiedenen Gebieten der Astronomie, der Astrophysik, die jüngeren Datums ist, und der eigentlichen Astrometrie, die es mit direkten Ausmessungen im Fernrohr zu tun hat.

Nun zur Oberfläche der Sonne, die etwa 12000 mal größer als diejenige der Erde ist. Die Oberfläche des größten Planeten Jupiter wird von der Sonnenoberfläche um das zehnfache übertroffen. Man kann sich die Größe der Sonne vorstellen, wenn man bedenkt, daß etwas über eine Million Kugeln von der Erdgröße im Innern des Sonnenballes Platz haben.

Es ist von besonderem Interesse, sich über die Kraftwirkungen dieses riesigen Zentralkörpers unseres Planetensystems womöglich eine zahlenmäßige Vorstellung zu machen. Zunächst das Sonnenlicht. Aus photometrischen Messungen folgt, daß ein von der Sonne bei ganz klarem Himmel beschienenes Blatt Papier ebenso hell beleuchtet wird, als wenn eine irdische Lichtquelle von etwa 500 000 Normalkerzenstärke in einem Meter

Entfernung vom Papier aufgestellt ist. Die kräftigste Bogenlampe der elektrischen Technik liefert ungefähr 10 000 Kerzenstärken. Diese Lampe müßte bis auf 20 Zentimeter einem weißen Stück Papier nahe gebracht werden, um dieses gleich hell zu beleuchten, wie das Sonnenlicht es tut. Die Lichtquelle am Himmel befindet sich aber nicht in  $\frac{2}{10}$  Meter Entfernung vom Papier, sondern in 150 000 Millionen Meter. Man findet daher unter Berücksichtigung des photometrischen Gesetzes von der Abnahme der Lichtintensität proportional dem Quadrat der Entfernung, daß die Leuchtkraft der Sonnenoberfläche die ungeheure Energiemenge von 27 000 Millionen Meterkerzen darstellt. Bedenkt man ferner, daß unsere Atmosphäre über die Hälfte des Sonnenlichtes absorbiert, so findet man für die Sonne eine Energiemenge an Lichtstrahlen von 54 000 Millionen Kerzen, von der man sich kaum eine Vorstellung machen kann.

Noch gewaltiger ist aber die Arbeit, die von den dunklen Wärmestrahlen der Sonne auf der Erde geleistet wird. Eine schwarze, 1 Quadratmeter große Fläche, eine Sekunde lang den Wärmestrahlen der Sonne ausgesetzt, erhöht ihre ursprüngliche Wärmemenge um  $\frac{3}{10}$  Kalorien. Eine Kalorie ist bekanntlich die Wärmemenge, welche notwendig ist, um 1 kg Wasser von  $0^{\circ}$  auf  $1^{\circ}$  zu erwärmen. Rechnet man diese Leistung in Kraft um, so folgt hier eine Arbeit von etwa 1,7 Pferdekraften (eine Pferdekraft ist diejenige Kraft, die 75 Kilogramm in einer Sekunde 1 Meter hochhebt). Die Hälfte der Wärmestrahlen wird noch von der Atmosphäre verschluckt. Es leistet also die Sonnenwärme auf ein Quadratmeter in einer Sekunde die Arbeit von 3,4 Pferdestärken. Nun ist die Entfernung der Sonne aber nicht 1, sondern 150 000 Millionen Meter von der Erde. Berechnet man hiernach die wirkliche Arbeit der Sonnenwärme 1 Meter von der Sonnenoberfläche entfernt, so findet man pro Quadratmeter und Sekunde die Zahl von 157 000 Pferdestärken. Die ganze Sonnenoberfläche ist aber 58 Millionen Quadratmeter groß, daher ergibt sich für die Arbeit, die die Sonnenstrahlen leisten, die ungeheure Zahl von einer Quadrillion Pferdestärken. Das ist eine Zahl, von der man sich keine richtige Vorstellung machen kann. Aber wenn man die Kraftmengen dem Verständnis näher bringen will, so kann man diese Arbeit auf unsere Atmosphäre spezialisieren und z. B. ausrechnen, welche Wärmearbeit auf der Erdoberfläche von der Sonne geleistet wird.



Die Erde kann als eine große Kraftmaschine angesehen werden, die am Äquator erwärmt und an den Polen abgekühlt wird. Nun lehrt die Meteorologie, daß jährlich etwa 700 Billionen Kubikmeter Wasser in den Äquatorgegenden durch die Tätigkeit der Sonne verdampfen und nach den Polen transportiert werden. Wenn man diese Wassermenge über ein Areal von der Größe Europas verteilt, so käme ein Meer mit einer Tiefe von 66 Metern heraus. Das ist eine ungeheure Arbeit, die die Sonne jährlich allein auf der Erde vollbringt, oder, wenn man die Dimensionen unseres Planeten vergleicht mit dem Raume, den die anderen Planeten einnehmen, im 5000 Millionensten Teile des Sonnensystems.

So übergewaltige Kraftmengen an Licht und Wärmestrahlen lassen unwillkürlich zwei Fragen aufkommen, deren Beantwortung für die Zukunft des gesamten irdischen Daseins von Bedeutung ist:

Erstens, wie hoch ist die wirkliche Temperatur des Sonnenkörpers zu schätzen? Und zweitens, wie ersetzen sich die riesigen Kraftmengen, welche der Zentralkörper in jedem Augenblick an Licht und Wärme ausgibt?

Die erste Frage nach der Sonnentemperatur ist kompliziert und bis heute noch nicht definitiv gelöst. Es scheint aber nach neueren Forschungen wahrscheinlich, daß die Temperatur der Sonne ungefähr 6000–8000 Grad Celsius beträgt.

Die zweite, für die Zukunft des irdischen Daseins viel wichtigere Frage, ob die Sonne einen Ersatz für die beständigen Verluste an Licht und Wärme findet, oder ob etwa die Leuchtkraft des Zentralgestirns allmählich abnimmt, führt zunächst scheinbar zu der Anschauung, die einst Dubois-Reymond äußerte, daß eine Zeit kommen würde, wo der „letzte Mensch als Eskimo am Äquator erfrieren“ müsse. In Wirklichkeit liegen die Verhältnisse aber wohl etwas anders. Nach theoretischen Untersuchungen von Helmholtz und Ritter erscheint es sogar wahrscheinlich, daß ein Ersatz auf der Sonne selbst für die tatsächlich gewaltigen Wärmeverluste vorhanden ist durch langsame Zusammenziehung des Sonnengasballes, die recht ergiebige Wärmequellen erzeugt. Man kann nachweisen, daß z. B. eine Wassermasse von der Sonnengröße unter dem Einfluß ihrer eigenen Schwere nur um  $\frac{1}{10,000}$  ihrer Ausdehnung sich zusammenzuziehen braucht, um die Temperatur um fast 5000 Grad Celsius zu erhöhen, wodurch der

Verlust an Sonnenwärme für ein ganzes Jahrtausend gedeckt sein würde.  $\frac{1}{10\,000}$  bei der Zusammenziehung des Sonnegasballes bedeutet im Winkelwert  $\frac{2}{10}$  Bogensekunden in 1000 Jahren. Diese Verkleinerung des Sonnendurchmessers würde genügen, um die ganze verloren gegangene Wärmemenge jedesmal zu ersetzen. Man kann aber bis jetzt mit Sicherheit nur  $\frac{1}{10}$  Bogensekunden messen, und es müssen daher 500 Jahre vergehen, ehe etwas von der Verkleinerung des Sonnendurchmessers für die allerfeinsten astronomischen Messungen zu merken ist. Bislang reichen unsere genauen Messungen des Sonnendurchmessers nur etwa 50 Jahre zurück, so daß erst die Astronomie des 25. Jahrhunderts dazu berufen sein würde, eine solche Kontraktion des Sonnendurchmessers festzustellen, wenn bis dahin nicht etwa viel feinere Meßmethoden auftauchen, mit denen man die  $\frac{1}{100}$  Bogensekunde messen könnte. Auf Grund neuerer Erwägungen, die mit dem rätselhaften Stoff Radium zusammenhängen, ist man noch zu etwas anderen Überlegungen in dieser dunklen und viel umstrittenen Frage nach Dauer und Alter unseres Sonnensystems gelangt. Von astronomischer und physikalischer Seite glaubt man, daß die ganze Entwicklung unseres Sonnensystems sich etwa in einem Zeitraume von 20 Millionen Jahren abgespielt hat. Die Geologen dagegen rechnen mit viel größeren Perioden, und zwar mit vielen hundert Millionen Jahren. Nimmt man Radium auf der Sonne an, so kommt nicht mehr die Kontraktion des Sonnenballes, sondern mit Hilfe des Radiums eine viel gewaltigere Wärmequelle in Betracht, die in großartiger Weise für die Verluste an Licht und Wärme Ersatz schaffen würde. Man hat ausgerechnet, daß z. B. zur Fortbewegung eines modernen Riesendampfers von etwa 12000 Tonnen Gehalt, der eine Distanz von 600 Seemeilen mit 15 Knoten stündlicher Geschwindigkeit durchläuft, die in etwa 700 Gramm Radium enthaltene Energiemenge genügt. In Wirklichkeit braucht jener Dampfer aber mindestens 5000 Tonnen an Kohlen. So kommt man unter der Annahme von Radium auf unserem Zentralkörper zur Vorstellung ganz ungeheurer Wärmemengen, die auf unendliche Zeit den Sonnenkörper mit Kraftwirkung versorgen.

Was lehren nun die astronomischen Messungen über die Beschaffenheit der Sonne?

Berechnet man zunächst die Dichtigkeit der Sonne als Masse dividiert durch Volumen, so kommt man, bezogen auf die Erddichte

= 1, auf die Zahl  $\frac{1}{11}$  d. h. das spezifische Gewicht der Sonne ist  $\frac{1}{11}$  desjenigen der Erde. Die Erddichte ist aber 5,5 bezogen auf Wasser, und das spezifische Gewicht der Sonne, auf Wasser bezogen, würde also rund 1,4 sein. Die mittlere Dichte des Sonnenkörpers — ein sehr merkwürdiges Resultat, das für die physische Beschaffenheit der zumeist aus eisenhaltigen Metall dämpfen bestehenden Sonne charakteristisch ist — beträgt daher kaum das anderthalbfache vom Wasser. Die Schwerkraft auf der Sonne ist ungefähr  $27\frac{1}{2}$  mal so groß wie auf der Erde. Ein Sekundenpendel, von der Erde auf die Sonne transportiert, würde also fünfmal so schnell schwingen als bei uns, d. h. es würde schneller als die Unruhe einer Taschenuhr hin und her gehen.

Mit Hilfe der Sonnenflecken, die wir noch näher kennen lernen werden und die auf der Oberfläche der Sonne von Zeit zu Zeit erscheinen, ist erwiesen, daß unser Zentralkörper um seine Achse in etwa 25 - 26 Tagen rotiert. Die Sonnenachse ist gegen die Ekliptik oder die scheinbare Sonnenbahn um 83 Grad geneigt. Außerdem bewegt sich die Sonne mit unserem ganzen Planetensystem gradlinig im Weltenraume vorwärts nach der Richtung des Sternbildes Herkules. Diese Eigenbewegung der Sonne geht mit einer Geschwindigkeit von etwa 18 Kilometer in der Sekunde vor sich, wie aus spektroskopischen Messungen gefunden wurde.

Die Anwendung von Fernrohr, Spektroskop, Photometer und photographischem Apparat auf die Sonne hat folgendes gelehrt:

Die eigentliche Sonnenkugel besteht aus einem riesigen glühenden Kern von etwa einer Million Kilometer im Durchmesser, über dessen Beschaffenheit man nur Vermutungen äußern kann, da er direkter Beobachtung unzugänglich ist. Wahrscheinlich besteht der Sonnenkern aus glühenden Gasmassen, die sich infolge des enormen Druckes von außen nach innen in einem vollkommen starren Zustande befinden. Die Temperatur wird so hoch sein, daß alle dort vorkommenden Elemente in sogenannter Dissoziation, d. h. ohne chemische Einwirkung sich aufeinander befinden. Dieser eigentliche Sonnenkern, der sich unserer direkten Wahrnehmung entzieht, wird umgeben von einer feurig-flüssigen, zum Teil auch gasförmigen Schicht, der sogenannten Photosphäre, die Licht- und Wärmestrahlen aussendet und der direkten Beobachtung zugänglich ist. Innerhalb

jener Photosphäre treten die sogenannten Granulationen, Sonnenflecken und Sonnenfackeln auf.

Über dieser ersten leuchtenden Schicht der Sonne, der Photosphäre, kommt als zweite die eigentliche Atmosphäre der Sonne, die nach spektroskopischen Untersuchungen aus Dämpfen von Stoffen, welche mit unseren irdischen Elementen Ähnlichkeit haben, besteht. Die Sonnenatmosphäre verrät sich durch zwei Eigenschaften; einmal zeigen die photometrischen Untersuchungen und auch die photographischen Abbildungen der Sonne eine auffallende Abnahme der Helligkeit von der Mitte nach dem Sonnenrande hin, und zweitens weist das Spektrum des Sonnenlichtes in seinem Verlauf viele tausende von dunklen Linien auf, die sogenannten Fraunhoferschen Linien, die durch Absorption innerhalb der Atmosphäre entstehen.

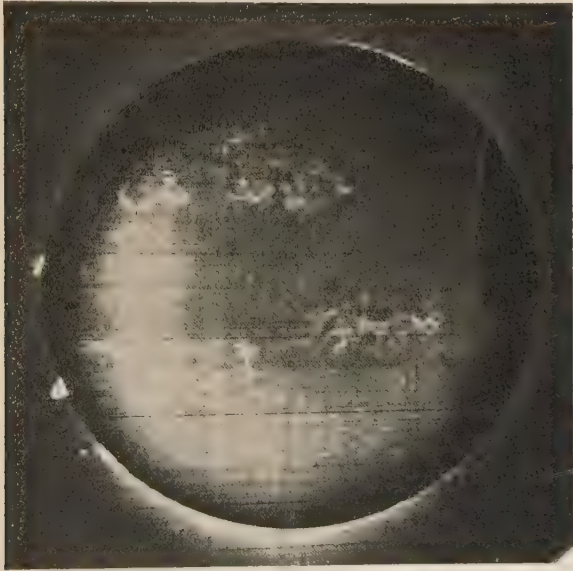
Jenseits der Atmosphäre liegt eine dritte Schicht permanenter Gase, die hauptsächlich aus Wasserstoff, Helium und Kalzium besteht. Das ist die eigentliche farbige Hülle der Sonne, Chromosphäre genannt. Diese Chromosphäre war früher der direkten Beobachtung nur bei Gelegenheit einer totalen Sonnenfinsternis zugänglich, während man die Photosphäre und Atmosphäre jederzeit direkt beobachten konnte. Aber mit Hilfe des Spektroskops oder eines sogenannten Spektroheliographen ist diese Chromosphäre jetzt auch stets zu erkennen. Aus der Chromosphäre steigen die rotfarbigen Protuberanzen hervor, Gebilde, die hauptsächlich Wasserstoffgas enthalten, Hunderttausende von Kilometern über den Sonnenrand emporragen und den Eindruck fortwährender gewaltiger Eruptionen innerhalb der Sonnenoberfläche hervorrufen.

Jenseits der Chromosphäre liegt noch eine vierte Schicht, außerhalb der Regionen, zu denen die Protuberanzen empor schlagen. Das ist die Corona, die bisher trotz aller diesbezüglichen Versuche nur bei totalen Sonnenfinsternissen sichtbar ist. Das Spektrum der Corona besteht hauptsächlich aus einer hellgrünen Linie; man nimmt dafür ein hypothetisches Element, Coronium genannt, an, ohne daß es bisher gelungen ist, dasselbe mit einem irdischen Stoff zu identifizieren.

Wenn man sich nach der eben durchgeführten Betrachtung einen orientierenden Schnitt durch alle Schichten des Sonnenballes gelegt denkt, würde folgende Skizze herauskommen. Man hätte zunächst einen zentralen Kern, darüber liegt die erste



Schicht, die Photosphäre, welche die Granulationen, Sonnenflecken und -fackeln enthält. Dann kommt eine zweite Schicht, die Atmosphäre; die dritte Schicht ist die Chromosphäre oder farbige Hülle, in welcher die Protuberanzen auftreten. Über diesen drei Schichten lagert noch eine vierte, die Corona, die nur bei totalen Sonnenfinsternissen als leuchtender, die Sonne umgebender Strahlenkranz sichtbar wird.



Spektrophotographische Aufnahme der Sonne: Fackeln und Protuberanzen zeigend.

In neuerer Zeit ist es gelungen, auch Stereoskopbilder der Sonne herzustellen. Man hat dazu die Achsendrehung unseres Centralkörpers benutzt, die sich in etwa 26 Tagen vollzieht, und dabei zu verschiedenen Phasenzeiten dieser Rotation photographische Aufnahmen gemacht. Bei diesen, zu verschiedenen Drehungsphasen ausgeführten Aufnahmen zeigt sich das Bild der Sonne plastisch als Kugel, und die einzelnen Sonnenflecken werden in verschiedenen Höhen der Sonnenatmosphäre deutlich erkennbar. Über den Flecken sieht man, auch in plastischer Darstellung, Fackeln

und Protuberanzen schweben. Das sind außerordentlich interessante stereoskopisch=photographische Aufnahmen der Sonne, durch welche der schon früher vermutete innere Zusammenhang zwischen Sonnenflecken, Sonnenfackeln und Protuberanzen als erwiesen zu betrachten ist.

Nunmehr seien die wichtigsten Vorgänge auf unserem Zentralkörper im einzelnen betrachtet, die noch manches für uns Räthelhafte bergen.

Wir beginnen mit der ersten Schicht, der Photosphäre, die den Sonnenkern umgibt, in der die Granulationen auftreten, die Sonnenflecken sichtbar werden und die Sonnenfackeln ihren Ursprung haben. Wenn man die Sonnenoberfläche mit einem starken Fernrohre betrachtet, oder ein großes Bild derselben photographisch entwirft, so erkennt man überall eine körnige Struktur. Die einzelnen Theilchen der Sonnenoberfläche erscheinen bald dichter, bald weiter auseinander gedrängt, als sogenannte Granulationen. Als diese zuerst entdeckt wurden, theilte man sie, ihrem verschiedenen Aussehen nach, in reiskornförmige und weidenblattähnliche Granulationen. Man nimmt an, daß die letzteren, also die größeren, einem ruhigeren Zustande der Sonnenoberfläche entsprechen, während die ersteren reiskornförmigen gerade zur Zeit stärkerer Eruptionen sich zeigen. Man muß sich nach neueren Forschungen diese Granulationsgebilde ähnlich vorstellen, wie in unserer Atmosphäre etwa die Cirrus- oder Federwölkchen, natürlich dafür metallische Dämpfe annehmen, die auf der glühenden Sonne derartige Strömungsgebilde hervorrufen. Sobald nun diese Granulationsgebilde an bestimmten Stellen der Sonnenoberfläche auseinander treten und größere Poren sich bemerkbar machen, entsteht ein Sonnenfleck, der Einblick in die tieferen Schichten des Sonnenballes gewährt. Über die Natur der Sonnenflecken, die auch als elektrisch geladene Wirbel gelten, ist man sich noch nicht ganz klar. Es scheint aber, daß die Flecken Höhlungen darstellen, deren dunkle Farbe auf der glühenden Sonne durch die absorbierende Wirkung von Dämpfen, die diese Höhlen ausfüllen, entsteht.

Bei den Flecken unterscheidet man einen zentralen dunklen Kern und einen ihn umgebenden Hof. Sie haben unregelmäßige Formen und sehr verschiedene Größen. Man hat ganz minimale Flecken auf der Sonne und gelegentlich Fleckengebilde von über 90000 Kilometer Durchmesser, die also siebenmal so groß wie unsere

Erde sind, beobachtet. Formen und Größen der Flecken ändern sich in kurzer Zeit, und nicht selten kommt es vor, daß ein großer Fleck ziemlich schnell in verschiedene kleine zerfällt. Die Dauer dieser ganzen Sonnenfleckengebilde schwankt zwischen Tagen, Wochen und Monaten. Sie treten in der Regel gruppenweise auf, und fast ausschließlich in den Äquatorgegenden der Sonne, etwa bis zu 40 Grad Abstand nach Norden und Süden.

Sehr eigentümlich ist das spektroskopische Verhalten der Sonnenflecken, da über einem Sonnenfleck die Fraunhofer'schen Linien stark verbreitert auftreten. Das deutet auf geringere Wärmestrahlung der Flecken hin; und in der That hat man durch sehr feine Untersuchungen mit Hilfe von ganz empfindlichen bolometrischen Apparaten zur Temperaturmessung nachweisen können, daß die Flecken wahrscheinlich kühleren Stellen der Photosphäre auf der Sonne entsprechen. Schon früher wurde erwähnt, daß die Beobachtungen der Sonnenflecken, die regelmäßig nunmehr über ein Jahrhundert hindurch angestellt worden sind, zur Kenntnis der Sonnenrotation geführt haben. Die Umdrehung der uns sichtbaren Sonnenoberfläche vollzieht sich zwischen 25–27 Erdtagen. Im Mittel beträgt die Rotationsdauer etwa 26 Tage, nach den Polen hin ergiebt sie sich etwas größer als für die Äquatorgegenden der Sonne. Dagegen führen Rotationsbestimmungen der Sonne aus den Sonnenfackeln zu einer ziemlich gleichmäßigen Rotation, abweichend von der nicht konstanten Rotation, die aus Beobachtungen der Sonnenflecken folgt. Über die Sonnenflecken selbst liegen, wie erwähnt, weit über hundertjährige systematische und sorgfältige Beobachtungen vor, die erwiesen haben, daß die fleckenerzeugende Tätigkeit der Sonne ungefähr einer elfjährigen Periode unterworfen ist. In Intervallen von etwa je elf Jahren folgen Maxima und Minima der Fleckenzahl aufeinander, wobei die Zunahme vom Minimum zum Maximum rascher stattfindet, als umgekehrt die entsprechende Abnahme vom Maximum zum Minimum. Im neunzehnten Jahrhundert und später sind als Jahre der Fleckenmaxima die folgenden notiert:

1805, 1816, 1829, 1857, 1848, 1860, 1871, 1884, 1891, 1906.

Die Jahre mit minimaler Fleckenzahl dagegen sind:

1810, 1823, 1833, 1844, 1856, 1867, 1879, 1889, 1901.

Dieses Gesetz der Fleckenperiodizität ist zweifellos sichergestellt, und es fragt sich, welches die Ursache dafür sein kann. Um wahr

scheinlichsten dürfte vielleicht die Annahme sein, daß eine solche elfjährige Periode zwischen zwei aufeinander folgenden Maximis oder Minimis das Resultat eines großen, innerhalb der Sonnenatmosphäre stattfindenden Ausgleichsprozesses von Druck- und Temperaturdifferenzen darstellt. Nach dieser Annahme ließen sich die gewaltigen Revolutionen auf der Sonnenoberfläche, die in den Fleckenerscheinungen auftreten, auf ähnliche Ursachen zurückführen, wie auf der Erde die bekannten Eruptionen der Geysirquellen, bei denen schließlich durch den Drucküberschuß das siedend heiße Wasser emporschießt.

Von ganz besonderem Interesse ist ferner, daß die Sonnenflecken zu gewissen terrestrischen Erscheinungen in Beziehung stehen, besonders zu allen elektro-magnetischen Vorgängen auf der Erde. Nicht nur die Nordlichter, die beständige oder chronische Entladungen der Lufterlektrizität darstellen, sondern auch alle magnetischen Störungen, sogar die elektrischen Erdströme haben eine mit den Sonnenflecken vollkommen übereinstimmende Periode. Auch die Schwankungen der magnetischen Deklination zeigen einen auffallend übereinstimmenden Gang mit der Sonnenfleckenperiode. Das ist eine höchst merkwürdige Wechselwirkung, die von der Sonne auf gewisse terrestrische Erscheinungen übergeht. Man muß sich eine sehr kräftige elektrische Fernwirkung vorstellen, verursacht durch elektrische Wellen, die von der in beständiger Unruhe befindlichen Sonnenoberfläche kommen, die sich in den Schwingungen unserer Magnetnadel zeigen und im Aufleuchten der Polarlichter kundgeben. Man kann daher ohne Übertreibung sagen, daß eine Art drahtloser Telegraphie zwischen Sonne und Erde vorliegt. Man hat auch versucht, meteorologische Vorgänge, für die es nicht schwer hält, Perioden zu finden, in Beziehung zu den Sonnenfleckenerscheinungen zu setzen. So scheint es, als ob zur Zeit der Fleckenmaxima Häufigkeit und Stärke der in höheren Luftschichten unserer Erde auftretenden Cirrusstreifen zunimmt. Ferner folgt aus neueren Untersuchungen mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit, daß sogar auch klimatische Einflüsse der Sonnenfleckenperiode auftreten. So gestaltet sich das Klima für Berlin in den Jahren der Fleckenmaxima wesentlich kühler und feuchter als zur Zeit der Minima, was mit der vorher erwähnten Temperaturerniedrigung über den Sonnenflecken in Einklang steht. Diese Nachweise sind aber im Gegensatz zu den vorher besprochenen elektro-magnetischen im



großen und ganzen noch nicht über das Stadium bestimmter Vermutungen hinausgekommen. Jedenfalls können diese astronomisch-meteorologischen Spekulationen für wesentlich glücklicher gelten als die falschen Theorien, die wirkliche Irrtümer darstellen, indem sie den Mond für die periodischen Änderungen der Witterungszustände verantwortlich machen.

Wir kehren zur Sonne zurück und wollen zunächst die weiteren Vorgänge innerhalb der Photosphäre schildern. In enger Beziehung zu den eben besprochenen Flecken und zugleich im Zusammenhang mit den alsbald zu erörternden Protuberanzen stehen eigentümliche Gebilde auf der Sonne, die zwischen Photosphäre und Chromosphäre liegen, die Sonnenfackeln. Diese treten meist in der Umgebung der Flecken als helle Lichtbrücken auf. Die Fackeln sind für die direkte Fernrohrbeobachtung nur in der Nähe des Sonnenrandes sichtbar, weil die Randzonen der Sonne infolge der beträchtlichen Atmosphäre des Sentralkörpers geringer leuchten und zartere Lichtunterschiede leichter erkennen lassen. Nach neuen spektrophotographischen Aufnahmen können aber die Gebilde der Fackeln über die ganze Sonnenoberfläche erkannt und verfolgt werden. Sie reichen wahrscheinlich noch weit über die Photosphäre, in der die Sonnenflecken liegen, empor und hängen vielleicht sogar innerhalb der Chromosphäre mit den sogenannten Protuberanzen zusammen. Diese Protuberanzen stellen Eruptionen glühender Wasserstoffgase an der Sonnenoberfläche dar und leuchten in intensiv roter Farbe. Sie sind mit Hilfe des Spektroskops, wie auch des spektrophotographischen Apparates jederzeit erkennbar und aufnehmbar, nicht, wie man früher annahm, nur bei Gelegenheit von totalen Sonnenfinsternissen. Solche Protuberanzen konnten bis zu der enormen Höhe von mehr als 500 000 Kilometer über den Sonnenrand beobachtet werden, und die Geschwindigkeit, mit der sie emporsteigen, beträgt viele Hundert Kilometer in der Sekunde. Im Vergleich mit derartigen Eruptionen auf der Sonne sind z. B. die Ausbrüche unserer gewaltigsten Vulkane nur als Kinderspiele zu betrachten.

Weit jenseits der Chromosphäre, in die jene rotfarbigen Protuberanzen, nachdem sie aufgestiegen sind, wieder zurücksinken, liegt die äußerste Dunsthülle der Sonne, die sogenannte Corona. Das Wesen der Corona ist auch heute noch rätselhaft, und sie läßt sich nur bei totalen Sonnenfinsternissen wahrnehmen trotz

aller Versuche, jene Erscheinung zu anderen Zeiten zu photographieren. Die Corona stellt eine Art Halo oder Aureolenschein dar, der strahlenförmig mit silbergrauer Farbe die vom Monde total verfinsterte Sonne umgibt. Das Spektrum der Corona zeigt eine hellgrüne Linie, die einem glühenden Gase von bisher unbekannter Natur entspricht. Man hat die Hauptlinie oder den Stoff, der der Hauptlinie zugrunde liegt, hypothetisch Coronium genannt, aber bisher vergebens versucht, dieses Coronium mit irgend einem irdischen Element zu identifizieren. Man erkennt daraus die Bedeutung der totalen Sonnenfinsternisse für die



Strömungsgebilde oder Granulationen auf der Sonne.

weitere Erforschung der Corona. Aus der Tatsache, daß das Coronaspektrum glühende Gase enthält, aus der Wahrnehmung ferner, daß die Corona mit der Sonne rotiert, folgt, daß jene Erscheinung keine optische Täuschung sein kann, wie man früher anzunehmen geneigt war.

Damit wären die wichtigsten Vorgänge der Sonne kurz besprochen. Ehe aber das Kapitel über unser Zentralgestirn verlassen wird, soll noch eine kurze Übersicht über die spektralanalytischen Untersuchungen an der Sonne gegeben werden, da aus denselben wichtige Schlüsse auf die Natur des Sonnenkörpers zu ziehen sind. Zugleich erleichtert uns die genauere Kenntnis der solaren Vorgänge auch das Verständnis für die Konstitution der

Fixsterne. Denn unsere Sonne ist, von anderen Welten aus gesehen, nichts weiter als ein Fixstern, ebenso wie die Fixsterne für Sonnen anderer Weltsysteme gelten können.

Es fragt sich nun, was hat uns die genaue Untersuchung der Sonne gelehrt? Das kontinuierliche Sonnenspektrum ist durchzogen von etwa 15 000 Fraunhoferschen Linien. Diese zeigen an, daß die Sonnenstrahlen, ehe sie zu unserer Wahrnehmung gelangen, durch kühlere Dämpfe hindurchgehen, von denen man sagt, daß sie elektiv absorbieren, d. h. Natriumdampf in der Sonnenatmosphäre absorbiert das von der Photosphäre ausgesandte Natriumlicht usw. Die dunklen Fraunhoferschen Linien geben daher auch über die chemische Beschaffenheit der Sonne Aufschluß, wenn man sie nach Lage und Ausdehnung im Spektrum mit den Spektrallinien irdischer Stoffe vergleicht. Zunächst muß man sicher sein, daß die tausende von Absorptionslinien wirklich zum Sonnenspektrum gehören und nicht etwa zum Teil durch Absorption in unserer Atmosphäre verursacht sind.

Diese Ungewißheit hat sich dadurch beseitigen lassen, daß man einmal die Sonne bei niedrigem Stande und dann bei hoher Stellung am Himmel, also einmal durch dichte und dann durch dünnere Luftschichten hindurch spektrographisch untersucht hat. Ferner hat man die Linien des Sonnenspektrums sowohl am Meeresniveau wie auf Stationen im Hochgebirge aufgenommen und miteinander verglichen. Aus solchen vergleichenden Messungen verschiedener Art ergab sich, daß die weitaus größte Zahl jener dunklen Linien wirklich dem Sonnenspektrum angehören und nur eine geringe Zahl als irdische Absorptionslinien bezeichnet werden können. Besonders interessant sind die hierzu auf dem Gipfel des Montblanc angestellten Untersuchungen in einem Observatorium, das von Jansen errichtet wurde und jetzt ganz im Eise versunken ist. Dieselben betrafen hauptsächlich die Absorptionslinien des Sauerstoffs und ergaben, daß die Sauerstofflinien im Sonnenspektrum zumeist terrestrischen Ursprungs sind, da sie in einer Höhe von 4000 Meter viel schwächer auftreten als in der Ebene. Es müßte gerade umgekehrt sein, wenn sie der Sonne eigentümlich wären, da alsdann diese Linien gerade in der Ebene viel schwächer sich zeigen sollten. Es scheint daher, als ob auf der Sonne der Sauerstoff überhaupt fehlt, ein Element, das auf der Erde das wichtigste und für die Verbrennung notwendigste ist. Ferner scheint auch Stickstoff auf der

Sonne zu fehlen, wobei aber immerhin möglich ist, daß diese Nichtmetalle in der Sonnenhülle vorkommen, aber von den metallischen Linien im Spektrum verdrängt werden, eine Erscheinung, die auch bei Experimenten mit glühenden Gasen im Laboratorium sich nachweisen läßt. Es gibt jedoch eine ganze Anzahl wichtiger irdischer Metalle, die auf der Sonne fehlen, für die überhaupt keine Absorptionslinien im Sonnenspektrum vorkommen. Das sind Quecksilber, Platin, Iridium, ja sogar Gold. Das Fehlen von Gold auf der glühenden Sonne hat keine nationalökonomische Bedeutung, aber es war danach verkehrt, in der



Großer Sonnenfleck.

Mineralogie gerade für Gold das Sonnenzeichen, für Silber das Mondzeichen zu benutzen.

Es fragt sich nun, welches sind denn die irdischen Stoffe, die auf der Sonne vorkommen? Eine sehr große Zahl uns bekannter chemischer Elemente erfüllt in Dampfform die Sonnenhülle. Nach der Häufigkeit der vorkommenden Linien geordnet sind es folgende: Eisen, Kohlenstoff, Chrom, Titan, Nickel, Mangan, Kobalt, Vanadium, Zirkonium, Calcium, Lanthan, Cerium, Yttrium, Neodymium, Skandium, Barium, Magnesium, Natrium, Silizium, Strontium, Palladium, Wasserstoff, Molybdän, Blei, Uran, Aluminium, Cadmium, Indium, Kalium. Drei Metalle, denen nur je eine Linie im Spektrum der Sonne zu-



kommt, sind Silber, Thallium und Wolfram. Hierzu ist neuerdings das Helium getreten, welches bekanntlich von Ramsay auch auf der Erde in dem seltenen, bisher nur in Norwegen vorkommenden Metall Cleveit gefunden wurde. Die Spektrallinie desselben stimmt überein mit einer früher nicht identifizierbaren Linie im Sonnenspektrum und das Helium gehört daher der Erde wie der Sonne an.

Man kann auf Grund spektroskopischer Forschungen behaupten, daß im wesentlichen die chemische Zusammensetzung der Sonne mit derjenigen unserer Erde übereinstimmt. Natürlich müssen auf dem glühenden Sonnenballe die Stoffe unter ganz anderen, uns überhaupt unbekannten Aggregatzuständen auftreten als auf der Erde.

## Fünftes Kapitel.

### Die unteren Planeten Merkur und Venus.

Wenn man die Stellung des irdischen Beobachters oder der Erde zur Sonne ins Auge faßt, kann man Merkur und Venus, die zwischen Erde und Sonne liegen, als die unteren, Mars und die übrigen dagegen als die oberen Planeten bezeichnen. Die ziemlich willkürliche Einteilung der Planeten kann man auch so ausdrücken, daß Merkur, Venus und Mars als innere Planetengruppe, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun dagegen als äußere Planetenschaar aufgefaßt werden. Eine derartige Einteilung ist jedoch neuerdings nicht mehr stichhaltig, weil dabei vorausgesetzt war, daß zwischen Mars und Jupiter die Zone der kleinen Planeten oder Planetoiden liegt. Man weiß jetzt, daß die kleinen Planeten mit einem Teil ihrer Bahnen auch zwischen Mars und Erde liegen, ebenso wie zwischen Jupiter und Saturn.

Jedenfalls kann der Planet Merkur, dessen Entdeckung schon in die Zeit der altägyptischen und Hindu-Astronomie fällt, als der sonnennächste gelten. Man hat zwar Versuche gemacht, sogenannte intramerkurische Planeten zu finden, die zwischen Merkur und der Sonne liegen sollen. Sowohl durch Rechnung wie aus Beobachtungen glaubte man die Existenz derartiger Himmelskörper nachzuweisen, und in der Tat zeigt die Theorie der Merkurbewegung eine noch nicht ganz aufgeklärte Unregel-

mäßigkeit, die mit einer gewissen Berechtigung auf die Existenz eines intramerkuriellen Planeten hindeutet. Die Bewegung des sogenannten Perihels der Merkurbahn oder desjenigen Punktes, in welchem der Merkur in Sonnennähe steht, ist nämlich in hundert Jahren um 40 Bogensekunden schneller als die Theorie der allgemeinen Massenanziehung nach dem Newtonschen Gesetz bei der Merkurbewegung verlangt. Diese Anomalie in der Perihelbewegung jenes Planeten würde sich vollständig erklären lassen, wenn man noch einen störenden Planeten zwischen Sonne und Merkur voraussetzt. Aber wenn man diese Rechnung durchführt, so kommt man zu einem Himmelskörper mit sehr großer Masse, und doch ist es niemals gelungen, einen entsprechenden dunklen Körper, der sehr häufig vor der Sonnenscheibe vorüberziehen würde, wahrzunehmen. Alle früheren Beobachtungen über ein Vorübergehen dunkler Körper vor der Sonnenscheibe haben sich entweder als Täuschungen oder als Beobachtungen besonders merkwürdiger Sonnenflecken erwiesen. Kein Sachastronom hat jemals den Vorübergang eines solchen intramerkuriellen Planeten vor der Sonne gesehen trotz größter Anstrengungen, die besonders bei Gelegenheit totaler Sonnenfinsternisse auch in der Neuzeit gemacht wurden. Nur einen einzigen berühmten Astronomen hat es gegeben, der von der Existenz eines intramerkuriellen Planeten absolut überzeugt war, den Franzosen Leverrier, der den bisher äußersten Planeten Neptun durch geniale Rechnung gefunden hat. Darum lag es für ihn auch nahe, sich gleichfalls mit der Existenz eines intramerkuriellen Planeten zu beschäftigen, ohne daß diese Untersuchungen zu irgend einem positiven Ergebnis geführt haben. Die erwähnte Anomalie in der Perihelbewegung des Merkur von 40 Sekunden in 100 Jahren läßt sich übrigens auch dadurch erklären, daß man für die Schwerkraft nicht eine unmeßbar schnelle Fortpflanzungsgeschwindigkeit annimmt. Neuerdings ist man sogar zu der Ansicht gekommen, daß vielleicht die Meteormaterie, die unsere Sonne als großer Ring umgibt, durch ihre Attraktionswirkung jene Anomalie in der Merkurbewegung erklären kann. Jedenfalls bleibt das eine sicher, Merkur ist der sonnennächste Planet in unserem Sonnensystem.

Merkur leuchtet so hell wie ein Stern erster Größe und kommt trotzdem seiner Sonnennähe wegen den meisten Menschen nicht zu Gesicht. Auch unter den Astronomen gibt es viele, die den

Merkur in der Morgen- oder Abenddämmerung mit bloßem Auge nicht gesehen haben. Es geht ihnen wie dem großen Kopernicus, der noch auf dem Sterbelager beklagt haben soll, daß er niemals den Planeten Merkur erblickte. Wenn man bedenkt, daß dieser sonnennächste Planet im Jahre überhaupt nur fünfzehn Stunden, etwa dreißigmal je eine halbe Stunde, für das bloße Auge gut sichtbar wird und auch dann nur in der rötlichen Dämmerung dicht am Horizont vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang, so begreift man, daß die alten Astrologen und Alchimisten nach diesem flüchtigsten aller Planeten dem Quedsilber die Bezeichnung „*Merkurinus*“ gaben.

Bei Erwähnung der Astrologie sei darauf hingewiesen, daß diese Kunst der Sterndeuterei, die längst aufgehört hat, eine Wissenschaft zu sein, doch als Astrologie für die Wissenschaft der Astronomie ähnliches leistete wie in früheren Zeiten die Alchimie für die wissenschaftliche Chemie. Sie hat den Astronomen häufig Mittel und Wege zur weiteren Forschung verschafft, wenn es auch ein verhängnisvoller Irrtum war, aus der Stellung der Gestirne das Schicksal der Menschen und Völker entnehmen zu wollen. Gab es doch Zeiten, in denen selbst große Astronomen, wie z. B. Kepler ihr Leben nur dadurch fristen konnten, daß sie sich mit der Stellung von Horoskopen aus den Gestirnen nach astrologischen Ideen befaßten, da sie von der Wissenschaft allein nicht leben konnten. Auf diese Weise hat die Astrologie der Astronomie große Dienste geleistet.

Doch kehren wir zum Planeten Merkur zurück. Mit einem großen Fernrohr kann man ihn auch am Tage dicht bei der Sonne stets beobachten, wenn man die Objektivlinse durch einen passenden Schirm vor den direkten Sonnenstrahlen schützt. Auf diese Weise hat man die Phasengestalt des Merkur erkannt, die ähnlich wie bei unserem Monde dadurch entsteht, daß der Merkur sich zwischen Erde und Sonne bewegt und deshalb je nach seiner Stellung zur Sonne für den Erdbeobachter in bestimmten Phasen sichtbar wird. In der günstigsten Stellung, die Merkur bei einer Entfernung von etwa 90 Millionen Kilometer von der Erde einnimmt, erscheint er uns als kleines Scheibchen von nur 12 Bogensekunden im Durchmesser. Der Mond hat eine Scheibe von etwa 30 Bogenminuten und Merkur im günstigsten Falle eine Scheibe von ungefähr  $\frac{1}{150}$  des Monddurchmessers. Wenn auf ein so kleines Scheibchen im Fernrohr selbst

eine starke Vergrößerung angewendet wird, können nicht viele Einzelheiten erblickt werden. Dazu kommt noch, daß Merkur im Vergleich zu anderen Planeten viel weniger Licht reflektiert, offenbar aus Mangel einer dichten Atmosphäre.

Die Erforschung der Merkuroberfläche begann vor etwas über hundert Jahren. Der Astronom Schröter in Lilienthal, der das teleskopische Studium von Planetenoberflächen zu seiner Hauptbeschäftigung machte, hat zuerst Flecken und Streifen auf der Merkurscheibe gesehen. Später kam ein größerer Aufschwung in unsere Kenntnis der Planetenoberflächen durch den Mailänder Astronomen Schiaparelli, der in den Jahren 1881—1891, auf Grund genauer Messungen sogar Zeichnungen der Merkur-oberfläche anfertigte. An diese ganz sicher auf der Oberfläche des Merkur erkannten Gebilde knüpfte sich sofort die Erörterung zweier sehr wichtiger Fragen.

Erstens: Wie groß ist die Rotationszeit des Merkur, dessen siderische Umlaufszeit um die Sonne rund 88 Tage beträgt?

Zweitens: Hat der Merkur eine dichte Atmosphäre oder nicht.

Die erste Frage nach der Rotationsdauer ist durch Schiaparelli vollständig gelöst, und seine Untersuchungen haben durch alle neueren Messungen volle Bestätigung gefunden. Der Planet Merkur zeigt während ein und derselben Sichtbarkeitsperiode, also während der 88 Tage seines Umlaufs um die Sonne, und zugleich zu verschiedenen Tageszeiten stets eine unveränderte Lage und Struktur seiner Streifen. Daraus wurde mit Recht die merkwürdige Entdeckung gefolgert, daß die Rotationsdauer des Merkur um seine Achse seiner Umlaufszeit um die Sonne gleich ist. Merkur wendet also der Sonne, wie unser Mond der Erde, stets dieselbe Seite zu. Es kommen dabei ähnlich wie beim Monde auch Schwankungen um eine mittlere Lage vor, die als Librationen bezeichnet werden und uns etwas mehr als die eine Hälfte des Merkur sehen lassen. Die Rotation des Merkur, die ursprünglich eine viel schnellere gewesen sein wird, ist verlangsamt worden durch die große Nähe zur Sonne, die durch ihre gewaltige Kraftwirkung den Planeten in seiner Rotation allmählich festgehalten hat, bis Umdrehungs- und Umlaufszeit übereinstimmten.

In Folge dieser Erscheinung findet auf dem Merkur, dessen Durchmesser etwa 5000 Kilometer beträgt (Erddurchmesser 15000 Kilometer), kein Wechsel von Tag und Nacht statt. Die



eine Hälfte dieses sonnennächsten Planeten ist fortwährend den sengenden Strahlen der Sonne ausgesetzt, die andere dauernd in Dunkelheit gehüllt und nach der eiskalten Seite des Weltraumes gekehrt. Es ist schwer, wenn man überhaupt auf die mehr philosophische als astronomische Frage der Bewohnbarkeit der Planeten eingeht, sich vorzustellen, daß auf einem solchen Planeten, dessen eine Seite den Strahlen der Sonne, dessen andere der Kälte des Weltraumes ausgesetzt ist, überhaupt Lebensbedingungen existieren.

Die zweite Frage nach der Atmosphäre des Planeten Merkur ist noch immer nicht ganz gelöst. Beobachtungen der Merkursgebilde deuten zwar auf gelegentlich wechselnde, wolkenartige Kondensationen, also gewissermaßen auf Spuren einer Atmosphäre hin. Auch die hierfür sehr wichtigen spektroskopischen Messungen zeigen im Merkurspektrum, das in den Hauptlinien eine vollkommene Übereinstimmung mit dem Sonnenspektrum aufweist, schwache Andeutungen von Absorptionsstreifen, zur Luftkugel des Merkur gehörig. Man darf hierbei aber nicht vergessen, daß die spektroskopischen Messungen des Merkurlichtes stets unter sehr ungünstigen Bedingungen stattfinden, entweder am Tage bei der durch Sonnenwärme stark unruhigen Luft oder in der Dämmerung, wenn der Planet sehr nahe zum Horizont steht und im dichten Dunst unserer Atmosphäre unruhig leuchtet.

Wir kommen zum zweiten Planeten von der Sonne gerechnet, zur Venus, von der wir nicht viel mehr wissen als vom Merkur. Venus ist für das Auge der schönste und hellste Planet, der als strahlender Morgen- und Abendstern zu allen Zeiten und von allen Völkern besungen wurde.

In einem mittleren Abstände von 110 Millionen Kilometer von der Sonne bewegt sich Venus in ihrer nahezu kreisförmigen Bahn, mit sehr geringer Exzentrizität. Die Umlaufzeit um die Sonne, siderisch ausgedrückt, beträgt 225 Tage und die Bahngeschwindigkeit etwa 45 Kilometer in der Sekunde. Ähnlich wie Merkur ist auch Venus, da sie zwischen Sonne und Erde steht, abwechselnd als Abendstern nach Sonnenuntergang und als Morgenstern vor Sonnenaufgang zu sehen. Zur Zeit ihres größten Glanzes kann man die Venus sogar am Tage ohne Fernrohr erkennen; sie ist überhaupt nach Sonne und Mond eigentlich das glänzendste Gestirn am Firmament, das manchmal sogar Schattenwirkungen hervorrufen kann. Schon zu Beginn des

17. Jahrhunderts entdeckte Galilei mit seinem kleinen Fernrohre die Phasengestalt der Venus. Aussehen und scheinbare Größe der Venus ändern sich, je nachdem sie in ihrer Bahn nahe oder entfernt von der Erde steht. Bei den oberen Konjunktionen der Venus, d. h. von uns hinter der Sonne gesehen, beträgt ihre Entfernung von der Erde etwa 260 Millionen Kilometer. Venus erscheint dann als ganz kleines Scheibchen mit einem Durchmesser von nur 10 Bogensekunden. In der unteren Konjunktion dagegen, von uns aus vor der Sonne gesehen, ist sie der Erde am nächsten und kommt dann bis auf 40 Millionen Kilometer an uns heran. Alsdann erreicht ihre Scheibe einen Durchmesser von 60 Sekunden oder einer Bogenminute, und zwischen diesen beiden extremen Stellungen durchläuft Venus alle Phasen von der Sichel bis zur Vollscheibe.

Die Oberfläche des Planeten ist etwa 5 Prozent kleiner als diejenige der Erde. Wenn man bedenkt, daß die Venus, abgesehen vom Monde, für uns der nächste Himmelskörper ist — im günstigsten Falle beträgt die Venusentfernung nur das Hundertfache der Mondentfernung von der Erde —, sollte man annehmen, daß wir recht viel von der Beschaffenheit dieses Nachbarplaneten wissen. Leider ist dies nicht der Fall, hauptsächlich weil auch für die Venusbeobachtung ähnliche Schwierigkeiten gelten, wie beim Merkur. Ist die Venus der Erde nahe, wendet sie uns die dunkle Seite zu. Je schmaler ihre Scheibe wird, desto näher rückt sie zur Sonne und macht Beobachtungen am Tage notwendig. Zu den günstigen Zeiten wiederum ist kaum die Hälfte ihrer Scheibe beleuchtet. Darin liegen die Schwierigkeiten der Venusbeobachtungen, die uns von diesem hellsten und schönsten Gestirn am Firmament verhältnismäßig nur wenig enthüllen.

Mit Sicherheit ist die Existenz einer dichten Atmosphäre auf der Venus bekannt, die nach neueren Untersuchungen sogar die Erdatmosphäre fast um das Doppelte zu übertreffen scheint. Auf der Erde ist das Maximum der Strahlenbrechung im Horizont 32 Minuten und auf der Venus kann man 50 Minuten dafür als wahrscheinlich annehmen. Die beträchtliche Atmosphäre der Venus läßt sich auch auf andere Weise feststellen; einmal reflektiert dieser Planet viel mehr Sonnenlicht als der sonnen nächste Merkur, dann konstatiert man während der Sichelgestalt der Venus ein beträchtliches Übergreifen der Sichelenden oder

Hörner über den Halbkreis von 180 Grad, was nur durch Strahlenbrechungerscheinungen in der Venusatmosphäre sich erklären läßt. Ferner hat die Venus bei den etwa zweimal im Jahrhundert stattfindenden Vorübergängen vor der Sonnenscheibe fast immer einen hellen Dämmerungsring um die dunkle Planetenscheibe aufzuweisen, auch ein Beweis für die dichte Atmosphäre. Endlich ist auch auf der dunklen Seite der Venus ein schwachgraues Licht wahrnehmbar, ähnlich wie beim Monde zur Zeit der Sichelgestalt. Beim Monde wird diese Lichterscheinung des sogenannten aschgrauen Lichts durch zweimal reflektiertes

Höhe über dem Sonnenrande.  
 270 000 km                      320 000 km                      480 000 km



Protuberanz oder Wasserstofferruption am Sonnenrande.

Sonnenlicht, einmal von der Erde zum Mond und dann vom Monde zur Erde zurückgeworfen, bedingt. Eine solche doppelte Reflektion ist bei der Venus unmöglich, weil ihre Entfernung von der Erde zu groß ist, um das von der Erde zurückgeworfene Sonnenlicht sichtbar zu machen. Es bleibt also nichts weiter übrig, als auf dem Planeten Venus eigenartige Dämmerungsphänomene voranzusetzen, vielleicht Erscheinungen nach Art unserer Polarlichter. Auch das Spektrum der Venus bestätigt das Vorhandensein einer dichten Wolkenhülle. Bei dem starken Glanze der Venus läßt sich ihr Spektrum sogar am Tage untersuchen, wenn der Planet noch möglichst hoch über dem Horizont steht. Die terrestrische Atmosphäre hat dann wenig Einfluß,

und man erkennt in dem Venusspektrum, in größeren Höhen aufgenommen, noch die charakteristischen Absorptionslinien, die, von der Atmosphäre jenes Planeten herrührend, das Vorhandensein von Wasserdampf in der Atmosphäre der Venus verraten. Trotz der dichten Atmosphäre, die die Venus umgibt, sieht man deutliche Fleckengebilde auf dem Planeten, sowohl an den Polen, wie auch auf den übrigen Gebieten jener Planetenoberfläche. Es unterliegt keinem Zweifel, daß man es hierbei mit bestimmten Oberflächenfigurationen auf der Venus zu tun hat, die vielleicht Kontinente oder Wassermassen darstellen.

Der italienische Astronom Schiaparelli glaubte aus der Unveränderlichkeit jener Fleckengebilde auf der Venus den Schluß ziehen zu dürfen, daß, ebenso wie beim Merkur, auch bei der Venus die Umdrehungszeit mit der Umlaufszeit um die Sonne (225 Erdtage) übereinstimmt. Aber diese Vermutung hat sich nicht bestätigt; aus neueren spektroskopischen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß die Rotationszeit des Planeten Venus etwas größer als diejenige der Erde, ungefähr gleich 30 Stunden, ist.

Endlich sei noch erwähnt, daß der im 17. und 18. Jahrhundert auf Grund ganz unvollkommener Beobachtungen vermutete Venusmond in Wirklichkeit nicht existiert.

## Sechstes Kapitel.

### Der Planet Erde.

Wir kommen nunmehr zum dritten Planeten von der Sonne ab gerechnet, zur Erde, bei der wir etwas länger verweilen müssen. Dies hat seine Berechtigung nicht nur, weil die Erde der Standpunkt ist, von dem wir das Universum beobachten, sondern auch, weil wir die Erde am besten untersuchen und daraus Analogieschlüsse für die anderen Planeten desselben Ursprungs ziehen können.

Die Astronomie betrachtet den Planeten Erde, den dritten und größten aus der Gruppe der vier sonnennahen (Merkur, Venus, Erde, Mars) als Weltkörper, untersucht seine Gestalt, Größe, Beschaffenheit und seine Bewegungen. Der Geographie und Meteorologie ist es vorbehalten, die spezielle Oberflächengestaltung und die Erscheinungen der Atmosphäre auf unserem Pla-



neten näher festzustellen. Auch den Astronomen interessiert die Kenntniss der irdischen Lufthülle und die Oberflächengestaltung unseres Planeten lebhaft, aber geologische, geographische und meteorologische Untersuchungen können hier nur nebenbei erwähnt werden, da das Hauptgewicht auf die Ergebnisse der astronomischen und damit verwandten geodätischen Untersuchungen gelegt werden muß.

Die Erde schwebt als isolierter Ball im Weltenraume, dem eine sehr niedrige Temperatur von  $-273$  Grad Celsius zukommt. Trotz dieser eisigen Umgebung besitzt unser Planet sehr große Wärmevorräte. Einmal wird die äußere Erdschicht von der Sonne erwärmt und dann kommt dem weitaus überwiegenden Teile des Erdkörpers hohe Eigenwärme zu, als Folgeerscheinung seines früheren feurig-flüssigen Zustandes und späterer Kondensationsprozesse.

Der Einfachheit halber denken wir uns die Erde zunächst als Kugel. Das Eindringen der Sonnenwärme geschieht nur innerhalb einer kleinen peripherischen Kugelschale, deren Dicke etwa 10 Meter beträgt. Danach kommt die sogenannte neutrale Schicht von etwa 15 Meter Stärke, in welcher schon alle täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen fortfallen. Endlich kommt als dritte Schicht die eigentliche Erdkugel, die rund  $12\frac{3}{4}$  Millionen Meter im Durchmesser aufweist, innerhalb welcher die Sonne keine Einwirkung mehr ausüben kann. Hier nimmt die Temperatur unablässig nach dem Erdinnern zu, entsprechend der sogenannten geothermischen Wärmestufe, für je 30 Meter etwa 1 Grad Celsius. Diese Zunahme der Erdwärme in radialer Richtung, jenseits der neutralen Zone beginnend, ist direkt durch Temperaturbeobachtungen in Bohrlöchern erwiesen. Solche Bohrlöcher stellen gewissermaßen Einstiche in die Epidermis der Erde dar, wobei die größte, bisher in einem Bohrloch erreichte Tiefe 2000 Meter beträgt.

Aus Temperaturmessungen in verschiedenen Tiefen hat man in Verbindung mit plausiblen geophysikalischen Annahmen den Schluß gezogen, daß unsere Erde auch jetzt noch bei etwa 50 Kilometer Tiefe rotglühend sein muß. In einer Tiefe von etwa 200 Kilometern muß eine Temperatur herrschen, bei der alle uns bekannten Gesteine schmelzen. Dies beweisen die Vulkane und Geysirquellen, die feurig-flüssige Lava und kochendes Wasser aus den tieferen Schichten des Erdballs emporschießern.

Wenn man bedenkt, daß im Zentrum der Erde nicht nur die Temperatur eine gewaltige Höhe erreicht, sondern daß auch der Druck die enorme Größe von über 2 Millionen Kilogramm auf das Quadratcentimeter erlangt, so erscheint es in Verbindung mit den Gesetzen der mechanischen Wärmetheorie plausibel, daß der Kern unseres Erdballs sich in einem Zustande totaler Starrheit befindet, also nicht, wie man früher annahm, feurig-flüssig sein kann.

Wenn man sich einen Durchschnitt durch den Erdkörper vorstellt, würden sich etwa folgende Verhältnisse darbieten. Das Innerste unserer Erde befindet sich in einem beinahe festen oder richtiger starren Zustande, und über diesem eigentlichen Kern liegt eine feurig-flüssige Mittelschicht. Über der feurig-flüssigen Schicht ist die feste Erdrinde gelagert, an manchen Stellen durch kommunizierende Kanäle mit der beweglichen Zwischenschicht verbunden. Auf der festen Erdrinde ruhen die gewaltigen Wassermassen und die Gebirgserhebungen. Diese Anschauung über die Erdkonstitution, nach welcher die feurig-flüssigen Schichten nicht ganz in der Tiefe, sondern gar nicht so weit von der Erdoberfläche entfernt liegen, stimmt mit neueren geologischen Untersuchungen über die Vulkane unseres Planeten überein.

In den Zeiten der sogenannten geologischen Umformungen, die hunderttausende von Jahren zurückliegen, haben große Massenumsetzungen aus dem Erdinnern stattgefunden, ehe sich die äußere Panzerdecke der Erde formte. Große Massenkomplexe sind damals aus dem Erdinnern nach der Erdoberfläche transportiert worden, und in jenen vorgeschichtlichen Zeiten müssen auch gewaltige Lagenänderungen der Rotationsachse unserer Erde stattgefunden haben. Im Zusammenhange damit hat sich der geographische Nord- und Südpol in beträchtlichem Maße verlagert und enorme Klimaschwankungen müssen auf unserem Planeten vorgekommen sein. Auf solche Weise lassen sich die höchst eigenartigen Zustände erklären, daß im jetzigen Zustande der Erde, z. B. in tropischen Gesteinen, Gletscherschliffe vorkommen, und in polaren Gegenden Versteinerungen, die zu Pflanzen- und Tierresten der wärmeren Zone gehören.

Derartige Lagenänderungen der Rotationsachse unserer Erde sind jetzt ausgeschlossen, aber in sehr kleinen, periodisch hin und her gehenden Beträgen treten sie auch gegenwärtig noch auf. Es sind dies kleine Schwankungen der Erdachse im Erdkörper,

die für die Astronomie und Geodäsie außerordentliche Bedeutung haben, weil dadurch die Lage der geographischen Pole auf der Erde sich periodisch hin und her verschiebt. Glücklicherweise sind diese Lagenänderungen der Erdoberfläche sehr klein und betragen im Maximum nur 16 Meter, wie wir später noch des Näheren sehen werden.

Die Oberflächengestaltung der Erdrinde, deren Areal etwa 500 Millionen Quadratkilometer ausmacht, besteht zu  $\frac{3}{4}$  aus Wasser und nur zu  $\frac{1}{4}$  aus festem Lande. Von Interesse ist, daß die größte beobachtete Tiefe der Meere von etwa 9000 Metern zugleich der höchsten Bodenerhebung auf der Erde entspricht (im Himalaya 8900 Meter).

Die Bevölkerung der ganzen Erde ist jetzt ziemlich genau berechnet worden; sie beträgt rund 1600 Millionen Menschen. Davon entfallen 45 Prozent auf die indisch europäische Rasse, 40 Prozent auf die mongolische, etwa 12 Prozent auf die afrikanische, 2 Prozent auf die ozeanische und  $\frac{3}{4}$  Prozent auf die amerikanischen Stämme. Die restlichen  $2\frac{1}{4}$  Prozent kommen auf die sogenannten Dravidavölker. Der erste, der die Einwohnerzahl der Erde berechnete, war im achtzehnten Jahrhundert der französische Mathematiker Legendre. Das Resultat seiner Berechnungen ergab nur 1000 Millionen Menschen und als er seine Rechnungen beendet hatte, schrieb er folgende Bemerkung unter dieselben, die in deutscher Übersetzung mitgeteilt sei:

„Unter diesen tausend Millionen Menschen wie viele Dummköpfe, Narren und Bösewichter. Aber wir können sie nicht heilen, sondern müssen sie bemitleiden und ihnen helfen.“

Diese echt philosophische Bemerkung hat Gauss in eines seiner großen mathematischen Werke als Motto übernommen.

Die festen und flüssigen Teile des Erdkörpers werden von einem gasförmigen Gemenge, der atmosphärischen Luft, umgeben, deren untere Grenze durch die Erdrinde gebildet wird. Schwer ist die obere unscharfe Grenze der Atmosphäre festzustellen, die da zu suchen ist, wo der mit Äther und Himmelsluft erfüllte Weltenraum beginnt. Unter Himmelsluft versteht man diejenigen Schichten äußerst verdünnter Gase, die den Raum zwischen den Planeten und der Sonne erfüllen und sich aus Verflüchtigungsprodukten der Himmelskörper, z. B. der Kometen und aus Meteoren zusammensetzen.

Über die Höhe unserer Atmosphäre, deren ganzes Verhalten auch für die Kenntnis unserer Nachbarplaneten von Bedeutung ist, kann man sich bisher nur eine annähernd richtige Vorstellung machen. Alle Messungen, die auf den Verlauf der Dämmerungserscheinungen, auf das Aufleuchten heller Sternschnuppen und auf Höhenbestimmungen der Polarlichter sich beziehen, lassen vermuten, daß die atmosphärische Luft im Ganzen bis 450 Kilometer reicht und wahrscheinlich bis zu einer Höhe von 250 Kilometer mechanisch wirksam die Erde umgibt. Optisch wirksam ist die Luft dagegen nur etwa bis 82 Kilometer, wie aus Höhenbestimmungen der sogenannten leuchtenden Nachtwolken folgt. Meteorologisch wirksam, d. h. für die Gestaltung des Wetters von Bedeutung dürften endlich nur die untersten 30 Kilometer der Luftschichten sein. In neuerer Zeit ist man etwas mehr in die Kenntnis der höheren Atmosphärenschichten eingedrungen, einmal dadurch, daß mit dem bemannten Luftballon Höhen bis fast 11 Kilometer erreicht sind, und dann, weil die Registrierballons, die selbsttätige meteorologische Apparate empornehmen, Höhen bis fast 29 Kilometer erzielen konnten.

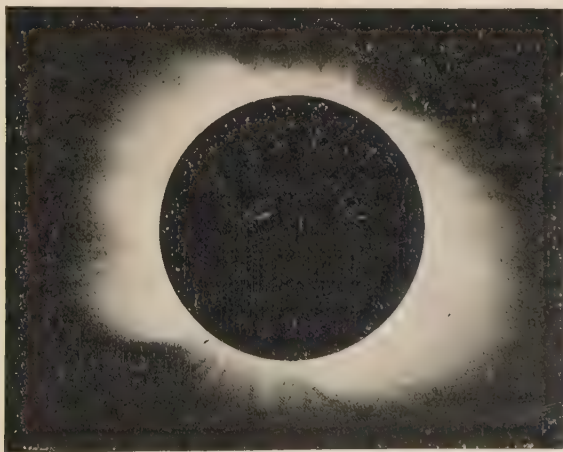
Von besonderem astronomischem Interesse sind die vorher erwähnten leuchtenden Nachtwolken, eigentümliche Gebilde, die aus kondensierten Gas- und Aschenteilchen bestanden und durch die gewaltige Eruption des in der Sundastraße gelegenen Krakatau-Vulkans im Jahre 1883 in höhere Schichten unserer Atmosphäre emporgeschleudert wurden. Sie sind darin weiter emporgestiegen, bis sie sich oben bei der niedrigen Temperatur kondensierten. Zwei Jahre nach jenem Ausbruch sind die leuchtenden Nachtwolken zuerst in den nördlichen und dann auch in den südlichen gemäßigten Zonen spät nach Sonnenuntergang und lange vor Sonnenaufgang als glänzende Streifen am Himmel gesehen worden. Zahlreiche photographische Messungen über Höhe, Bewegung, Aussehen und Formänderung dieser leuchtenden Wolken, von verschiedenen Stationen aus aufgenommen, haben durchschnittlich eine Erhebung von 82 Kilometern für diese höchsten, optisch noch wirksamen Atmosphärenschichten ergeben.

Besser als die Höhe kennt man die Zusammensetzung der Luft. Sie ist ein Gemenge von zwei Gasen, die im Haushalt der Natur eine wichtige Rolle spielen, Stickstoff und Sauerstoff im Verhältnis von 4 : 1. Zu diesen beiden Gasen kommen in gerin-



geren Quantitäten Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Wasserstoff, Ozon, Staubteilchen und Wasserdampf, sowie noch das neuerdings entdeckte Argon, dem Stickstoff in geringen Quantitäten beigemischt.

Alles organische Leben auf der Erde ist untrennbar mit der Atmosphäre verbunden; die Organismen leben nicht nur in der Luft, sondern fast ausschließlich sogar von der Luft. Alle tierischen Wesen, deren Stoffwechsel aus Oxydationsprozessen besteht, atmen Sauerstoff ein und Kohlensäure aus. Bei den Verbren-



Corona oder äußerste Hülle der Sonne, sichtbar bei der totalen Sonnenfinsternis (1900 Mai 28).

nungs- und Verwesungsprozessen wird gleichfalls Sauerstoff verbraucht, Kohlensäure erzeugt. Die Pflanzen dagegen nehmen Kohlensäure auf, verbrauchen sie zur Bildung ihrer organischen Substanz und scheiden Sauerstoff wieder aus. Von dieser durch Aufnahme der atmosphärischen Bestandteile gebildeten organischen Substanz lebt das Tier, bis nach dem Tode die organische Substanz verwest und der ganze Kreislauf geschlossen ist.

Die auf der Erde lebenden Menschen, zu ungefähr 1600 Millionen Köpfen veranschlagt, verbrauchen für den Atemungsprozeß in einem Jahre etwas über 130 Kubikmeter Sauerstoff. Der übrige Sauerstoffverbrauch in der Natur kann neun-

mal so hoch geschätzt werden; und dennoch läßt sich keine Verminderung des Sauerstoffgehalts in der Luft nachweisen, wohl infolge der durch die Pflanzen eintretenden Kompensation.

Der Gehalt der normalen Luft an Kohlensäure ist sehr gering und beträgt höchstens 3—6 pro Mille. Schwefelwasserstoff und Ammoniak finden sich auch nur in kleinen Mengen und zwar hauptsächlich an solchen Stellen, wo Verwesungen organischer Substanzen vor sich gehen. In sehr geringen Quantitäten kommt endlich Ozon oder sogenannter aktiver Sauerstoff vor, besonders über dem Meere und in Wäldern; im Zimmer und in der Luft großer Städte fehlt Ozon ganz. Sehr reichhaltig ist dagegen die Vermengung der atmosphärischen Luft mit Staubtheilchen, die aus Sand- und Aschenmassen, aus Mikroorganismen, aus kosmischem Staub, entstanden durch die Verflüchtigung von Meteoriten, und schließlich aus den zahlreichen Verbrennungsprodukten sich zusammensetzen, die theils den aktiven Feuerschlünden der Erde, theils den Feuerungsanlagen entströmen, die der Mensch konstruiert, ohne genügend auf rauchfreie Verbrennung Rücksicht zu nehmen. Es ist lehrreich, daß innerhalb großer Städte in einem Kubikmeter Luft nicht weniger als 23 Milligramm Staubtheilchen sich gefunden haben. Diese Fremdkörper spielen in der Meteorologie und in der medizinischen Klimatologie eine bedeutsame Rolle. Sie sind einmal die Träger der Infektionskrankheiten und dann begünstigen sie Niederschläge und Bewölkungsvorgänge, wie z. B. im Klima von London deutlich nachgewiesen ist. Vor Jahrzehnten, als noch weniger Fabriken existierten, war die Anzahl der klaren Tage, erwiesen durch Sonnenbeobachtungen auf der Greenwicher Sternwarte, bedeutend größer als gegenwärtig.

Einen sehr wichtigen Bestandteil der Atmosphäre bildet schließlich der Wasserdampf, der sich durch die Verdunstung aus Wasserflächen und feuchten Landstrecken entwickelt. Seine veränderliche Menge wechselt mit der Temperatur, der Lage des Ortes, der Bodenbeschaffenheit, der Windrichtung und mit anderen meteorologischen Umständen. Aus dem Wasserdampf entstehen in der Luft Nebel, Wolken und alle Niederschläge, wie Regen, Schnee usw. Ohne hier auf meteorologische Fragen weiter einzugehen, seien nur noch einige meteorologische Fragen von astronomischem Interesse erwähnt. Zunächst die Färbungen in der Atmosphäre, die sich als Morgen- und Abendröten und auch

als Bläue des Himmels besonders bemerkbar machen. Alle diese verschiedenen Farbentöne lassen sich so erklären, daß die Fähigkeit der atmosphärischen Luft, Lichtstrahlen zu absorbieren und zu reflektieren, verschieden ist nach den Wellenlängen des Lichtes und nach dem jeweiligen Zustande der Luftschichten. Bei Tage und bei klarem Himmel z. B. absorbiert die Luft besonders Strahlen mit großen Wellenlängen und reflektiert diejenigen mit kürzeren. Dadurch erklärt sich die blaue Färbung des Himmels. Die prachtvollen Erscheinungen der Morgen- und Abendröthe entstehen dadurch, daß die Sonnenstrahlen, die tief am Horizont auftreffen, Dünste passieren, die gerade Strahlen von kurzen Wellenlängen absorbieren und besonders die roten Farben hindurchlassen.

Astronomisch von größter Wichtigkeit ist die Strahlenbrechung in der Atmosphäre. Lichtstrahlen, die von einem Gestirn kommen, gehen zunächst durch den optisch als leer zu betrachtenden Himmelsraum und dringen dann in die Atmosphäre der Erde ein, die an Dichtigkeit bis zum Erdboden hin immer mehr zunimmt. So entsteht die Strahlenbrechung, durch welche die wahren Örter aller Gestirne verändert werden. Die Strahlenbrechung hebt das Gestirn und beträgt am Horizont im Maximum 35 Bogenminuten; im Zenith, wo die Strahlen des Gestirns senkrecht durch die Erdatmosphäre gehen, ist sie ein Minimum. Die Größe der Strahlenbrechung hängt daher einmal ab von der Höhe des Gestirns und ferner von der Dichtigkeit der Luft, also vom Barometerstande und von der Temperatur der Luftschichten. Man hat besondere Refraktionstabellen in der Astronomie konstruirt, mit deren Hilfe die astronomischen Höhenmessungen verbessert werden. Die Theorie der Strahlenbrechung setzt dabei bestimmte Annahmen über die schon lange bekannte Abnahme des Luftdrucks und die früher weniger erforschte Abnahme der Temperatur mit der Höhe in der Atmosphäre voraus. In diesem Punkte berühren sich Astronomie und Luftschiffahrt, denn erst in letzter Zeit ist man durch die Ballonaufstiege in höhere Luftschichten etwas tiefer in das Gesetz der Temperaturabnahme mit der Höhe eingedrungen.

Nach kurzer Erörterung dieser meteorologisch-astronomischen Fragen sollen nunmehr einige geodätische Betrachtungen angestellt werden über Gestalt und Größe unserer Erde, allerdings auch nur in ganz kurzen Umrissen.

Schon Aristoteles lehrte, auf babylonische Überlieferungen gestützt, daß die Erde von kugelförmiger Gestalt sein müsse. Die Beweise für diese Kugelgestalt sind einfach und durchschlagend. Es sei nur an die Erdumsegelungen, die seit Beginn des sechzehnten Jahrhunderts häufig ausgeführt werden, erinnert, ferner daran, daß die Spitzen von Schiffen, Türmen, Bergen usw. aus der Entfernung eher erblickt werden als die unteren Teile derselben Gegenstände, schließlich an die Tatsache, daß z. B. bei Reisen vom Äquator nach Norden der nördliche Polarstern allmählich über dem Horizont emporsteigt und die südlichen Gestirne verschwinden. Alle diese Erscheinungen sprechen für die Kugelform des Erdkörpers.

Neuerdings hat man die nach dem Himmel konvexe Krümmung der Erdoberfläche durch eigenartige astronomische Messungen ad oculos demonstrieren können. Auf der Sternwarte zu Palermo z. B. ist an einem ziemlich hoch über der Meeresfläche gelegenen Punkte das Spiegelbild der Sonnenscheibe im Meere gemessen worden, wenn die Sonne nahe dem westlichen Horizont stand. Man hat auf diese Weise eine sehr merkwürdige Zusammendrückung jenes Gestirnsbildes festgestellt, die von der Krümmung des Wasserspiegels herrührt. Damit war ein direkter Beweis für die nach außen konvexe Krümmung der Erdoberfläche gegeben. Ähnliches hat man übrigens auch an einigen Schweizer Seen feststellen können.

Von besonderem Interesse ist ferner als Beweis für die Kugelgestalt der Erde die sogenannte Kimmtiefe, die in der Nautik eine große Rolle spielt. Je höher man sich über die Erdoberfläche emporhebt, um so ausgedehnter wird der Rundblick. Wenn wir uns auf dem Meere befinden und zwar direkt im Meerespiegel, so würde die Tangente an dem Punkt, an dem das Auge des Beobachters liegt, den scheinbaren Horizont darstellen. Wenn wir emporsteigen — und dazu genügt schon die Kommando-Brücke eines unserer modernen Hochseeschiffe mit 16 Meter Erhebung, so ist der natürliche Horizont dadurch gegeben, daß wir die Tangente von dem erhöhten Standpunkte aus an die Erdoberfläche ziehen. So entsteht der Meereshorizont oder die Kimmlinie, die gegen den astronomischen Horizont eine Senkung oder Depression aufweist, die als Kimmtiefe für 16 m ziemlich erhebliche Beträge (7 Minuten) erreichen kann. Noch mehr ist dies der Fall, wenn wir auf hohe Berge oder im Luftballon



emporsteigen. Bei 1000 Meter beträgt die Kimmtiefe schon 1 Grad, bei 4000 Meter Erhebung 2 Grad usw. Der Gesichtskreis in Kilometern ausgedrückt ist z. B. in einer Ballonhöhe von 1000 Meter rund 130 Kilometer, während er in der Meeresfläche selbst nur etwa 7—8 Kilometer beträgt.

Die erste Vorstellung von der Gestalt der Erde in frühester Zeit war die einer Scheibe, umflossen von dem mythischen Strome Ozeanos. Dann kam die Idee von der Kugelgestalt unseres Planeten, die schon bei den Griechen auftrat, veranlaßt durch altbabylonische Betrachtungen. Diese kugelförmig angenommene Erde ist aber auch nur eine erste Annäherung an die Wahrheit. Bereits am Ende des siebzehnten Jahrhunderts gelang es Newton nachzuweisen, daß die Drehung der Erde, auf die noch eingegangen wird, in Verbindung mit der allgemeinen Massenanziehung bei der ursprünglich vielleicht kugelförmigen Erde eine Abplattung an den Polen und eine entsprechende Anschwellung in der Nähe des Äquators hervorgerufen haben muß. Durch die rotierende Bewegung um eine Achse entsteht eine beträchtliche Zentrifugalkraft und so wurden die Teile der früher feurig-flüssigen Erde von den Polen, dem Minimum der Schleuderkraft, nach den äquatorialen Gegenden, dem Maximum der Zentrifugalkraft, verschoben. Auf diese Weise hat die ursprünglich sphärische Erdoberfläche die Form eines Sphäroids oder Rotationsellipsoids angenommen, dessen kleinster Durchmesser in der polaren Drehachse, dessen größter in der Richtung des Äquators liegt.

Erfakte Aufschlüsse über die Figur der Erde, die auch von einem genauen Ellipsoid abweicht, haben sich teils aus Gradmessungen, teils auch aus Pendelbeobachtungen herleiten lassen. Eine Gradmessung zerfällt stets in zwei Operationen, eine geodätische und eine astronomische. Die geodätische Operation besteht in der Ausmessung der Entfernung zweier Erdorte, die astronomische in der Bestimmung des Winkelabstandes der zu diesen beiden Orten gehörigen Zenithpunkte am Himmel, im Sinne der geographischen Breite und Länge. Wenn man zunächst zur Vereinfachung sich die Erde wieder als Kugel vorstellt, so würde der Bogen zwischen zwei Orten auf der Kugel einfach gemessen werden können durch den Abstand der zugehörigen Zenithpunkte an der Himmelskugel; in Verbindung mit diesem astronomisch gemessenen Bogen nach geographischer Breite und

Länge, ergibt die geodätisch auszumessende und in Kilometer auszudrückende Entfernung beider Orte nach sehr einfachen Formeln Umfang und Durchmesser der Erdkugel.

Liegen die beiden Orte auf dem gleichen Meridian, d. h. nur in der geographischen Breite voneinander abstehehend, so wäre nichts weiter nötig, als an beiden Orten die Höhe oder Zenithdistanz eines Gestirns zur Zeit seiner Kulmination zu messen. Aus der Differenz dieser beiden Winkel ergibt sich der Breitenunterschied jener Orte. Stellt man sich dagegen vor, daß die beiden Orte, um die es sich handelt, auf demselben Breitenparallel liegen, d. h. gleiche Breite, aber verschiedene geographische Länge haben, so handelt es sich jetzt darum, eine Bestimmung des Längenunterschiedes auszuführen, z. B. durch gleichzeitige Beobachtung der Kulminationszeiten ein und desselben Gestirns an beiden Orten und damit die geodätisch ausgemessene Entfernung der beiden Orte zu verbinden. Im allgemeinen werden aber beide Erdorte weder auf demselben Breitenparallel noch auf demselben Meridian liegen, sondern irgendwo auf der Erde sich befinden. Man muß also zugleich astronomische Längen- und Breitenunterschiede ermitteln und dazu auf geodätischem Wege die lineare Entfernung beider Orte bestimmen. Wenn die Orte dicht beieinander liegen, mißt man ihren Abstand mit geodätischen Maßstäben aus, wenn sie aber weiter entfernt sind, so geht man mit sogenannten Triangulationen und Basismessungen vor, um in Verbindung mit Winkelmessungen den Abstand der beiden entfernten Orte zu ermitteln.

Die ersten Gradmessungen in Breite, d. h. zwischen zwei Orten auf demselben Meridian, datieren aus der Zeit 280 v. Chr. von Eratosthenes, der schon in der Geschichte der Astronomie erwähnt wurde. Dieser griechische Astronom hat im Niltale die erste Breitengradmessung ausgeführt und den Erdumfang damals zu 46 400 Kilometer gefunden, also von der Wahrheit noch etwa 6000 Kilometer entfernt, immerhin eine ganz beachtenswerte Leistung für jene weit zurückliegende Zeit. Näher an die Wahrheit kamen arabische Astronomen im neunten Jahrhundert unserer Zeitrechnung, die in der Wüste, nahe dem arabischen Meerbusen, Breitengradmessungen ausführten. Die nächste Beobachtung wurde erst sieben Jahrhunderte später durch einen französischen Arzt gemacht, dessen Messungen allerdings jetzt mit einem Fragezeichen versehen werden; er hat damals zwischen

Paris und Amiens einen Breitengrad gemessen. Zu Beginn des siebzehnten Jahrhunderts führte der holländische Geometer Snellius, bekannt als Entdecker des Brechungsgesetzes, zuerst die Triangulierungsmethode in die Vermessung ein. Nach diesem Verfahren wurde von Picard im Auftrage der französischen Akademie 1670 ein Breitengrad südlich von Amiens neu und recht genau ausgemessen. Daran schlossen sich vom Beginn des achtzehnten Jahrhunderts ab umfassendere Gradmessungen, besonders in Frankreich. So hat Cassini im Norden und im Süden Frankreichs Breitengrade bestimmt und dabei das folgende merkwürdige Resultat gefunden: im Norden von Frankreich ein Breitengrad = 56 960 Toisen — eine Toise nicht ganz zwei Meter, als altes französisches Maß vor Einführung des Metermaßes gerechnet — und im Süden ein Breitengrad = 57 097 Toisen. Die Messungen von Cassini ergaben daher eine nach Norden kleinere Gradlänge. Aus diesen kombinierten Gradmessungen im Norden und Süden Frankreichs entstand damals der große wissenschaftliche Streit um die Erdfigur zwischen Franzosen und Engländern. Nach der Newtonschen Theorie, die ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid voraussetzte, mußten die Gradlängen nach Norden hin zunehmen. Abnehmen mußten sie nach Norden nur dann, wenn die Erde nicht die Form einer Apfelsine, sondern diejenige einer Zitrone hätte, wie die Franzosen dies im achtzehnten Jahrhundert tatsächlich annahmen.

Um diesen wissenschaftlichen Streit über die Erdfigur zu schlichten, schickte die französische Akademie der Wissenschaften im achtzehnten Jahrhundert zwei Expeditionen aus, von denen die eine nach polaren, die andere nach äquatorialen Gegenden der Erde ging. Die beiden Astronomen Bouguer und De la Condamine reisten 1735 nach Peru, in die Nähe des Äquators, und zwei andere bedeutende französische Gelehrte, Maupertuis und Clairaut, gingen nach Lappland, in polare Gegenden, um möglichst genaue Breitengradmessungen auszuführen. Hierbei kam etwas ganz anderes heraus, als bei den Cassinischen Messungen. In den äquatorialen Gegenden ergab sich ein Breitengrad zu 56 753 Toisen und in den polaren Regionen zu 57 437 Toisen, also eine nach den Polen hin zunehmende Gradlänge.

Dadurch wurde die Newtonsche Theorie glänzend bestätigt, wonach die Erde im großen und ganzen ein an den Polen ab-

geplattetes Rotationsellipsoid ist. Ein ähnliches Resultat haben auch alle späteren Gradmessungen ergeben, die sich vom neunzehnten Jahrhundert bis jetzt allmählich über sämtliche Kontinente der Erde ausdehnten. In dieser Richtung sind besonders auch die Arbeiten deutscher Forscher wie Bessel, Gauß, Baeyer und Helmert epochemachend; die Zahlen, die für das Rotationsellipsoid der Erde als die zuverlässigsten gelten können, sind folgende: Halbe große Achse = 6378 Kilometer, halbe kleine Achse = 6356 Kilometer, Abplattung der Erde  $1/299$ .

Im großen und ganzen ist also die Erde, mathematisch betrachtet, ein Rotationsellipsoid oder Sphäroid, dessen kleine Achse mit der Umdrehungsachse zusammenfällt. Die wirkliche oder faktische Erdfigur, die man als „Geoid“ bezeichnet, weicht aber von diesem mathematischen Körper noch mehr oder weniger ab. Um diese Unterschiede zu ermitteln, ist es notwendig, von Gegend zu Gegend die Abweichungen zwischen dem mathematischen Rotationsellipsoid und dem faktischen Geoid zu bestimmen. Eine nicht unwichtige Rolle spielen dabei u. a. auch die erheblichen Attraktionsstörungen, verursacht durch lokale Anziehungen großer Massen auf der Erde. Unser Planet ist kein Körper von gleichmäßiger Dichtigkeit, und es ist klar, daß z. B. die großen Berge Lotstörungen oder Abweichungen von der normalen Richtung der Schwerkraft hervorrufen. In der Nähe der Alpen kommen Lotstörungen von 20 Bogensekunden vor, in der Nähe des Himalayagebirges bis zu 60 Bogensekunden. Auf einer Inselgruppe der Südsee, den Hawaiischen Inseln, bringen die großen, teils noch aktiven, teils schon erloschenen Vulkane sogar eine Ablenkung des Lots von 100 Bogensekunden hervor — die größte bisher überhaupt gefundene Lotabweichung auf der Erde.

Merkwürdig sind auch sogenannte negative Lotabweichungen, d. h. scheinbare Abstoßungen des Lots, ausgehend von Hohlräumen in der Tiefe der Erde. Die erste Beobachtung dieser Art ist in der Tiefebene von Moskau gemacht worden. Ähnliche Erscheinungen von Massendefekten unter der Erde haben sich u. a. auch in der Umgebung von Berlin gezeigt. Auf Grund astronomisch-geodätischer Messungen von Lotstörungen bei Berlin hat man geschlossen, daß in einiger Tiefe Massen von geringerer Dichtigkeit lagern, also unterhalb der Mark Brandenburg z. B. ausgewaschene Steinsalzlager vorhanden sind. In der Tat

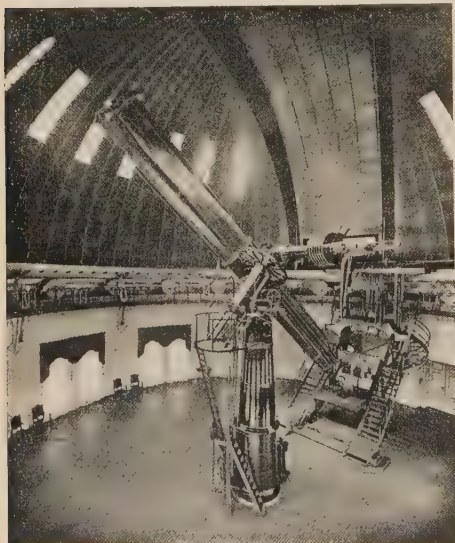


braucht man auf Berliner Grund und Boden nur tief genug zu bohren, etwa bis zu 350 Meter, um fast überall Sole zu finden. Diese Wechselwirkung zwischen Astronomie, Geodäsie und Geologie ist besonders interessant, da durch spezielle astronomisch-geodätische Messungen sogar geologische Wahrnehmungen unterhalb der Erdoberfläche gemacht werden können.

Die Erforschung der wirklichen Erdfigur in allen ihren Einzelheiten, mit ihren Ungleichförmigkeiten und verschiedenen Massenverteilungen ist aber nicht allein durch Gradmessungen möglich, sondern kann in noch verfeinerterer Weise durch Pendelbeobachtungen geschehen. Dies beruht darauf, daß Pendel von gleicher Länge, an verschiedenen Erdorten aufgestellt, infolge der wechselnden Schwerkraft ungleich schwingen, langsamer am Äquator und schneller an den Polen. Im ersteren Falle ist das Pendel weiter entfernt vom Erdzentrum, und die Schwerkraft kleiner; im anderen Falle findet das umgekehrte Verhältnis statt. Es geben daher Pendelbeobachtungen nicht nur Aufschluß über die Figur der Erde, sondern auch über die von Ort zu Ort wechselnde Intensität der Schwerkraft, durch welche das Pendel in Bewegung gehalten wird. Solche Pendelmessungen haben eine besondere Wichtigkeit für astronomische, geodätische und geologische Zwecke und sind in den letzten Jahrzehnten sehr zahlreich angestellt worden, über Kontinente, Inseln, ja sogar über das Meer verteilt. Die Messungen sind teils absolute, indem Sekundenpendel an bestimmten Orten aufgestellt und ihre Schwingungen beobachtet wurden, teils relative, indem man kurze Pendel, halbe Sekunden schwingend, benutzte, die von Ort zu Ort transportiert und mit ihren Ergebnissen schließlich auf einen Normalort bezogen wurden. So hat man ein deutliches Bild von der Verteilung der Schwerkraft auf der Erdoberfläche erhalten. Es gibt jetzt nahezu 2000 Stationen, an denen Schwerkraftbestimmungen aus Pendelbeobachtungen ausgeführt und Aufschlüsse auch über Figur und Größe der Erde erzielt wurden.

Solche Pendelmessungen haben sogar in geologischer Hinsicht Bedeutung, weil eine Bestimmung der Schwereintensität zugleich Aufschluß über die Dichte der Gesteinsmassen gibt, die die Beobachtungsstationen umgeben. Auf der Insel Hawaii z. B. sind in den letzten Jahrzehnten Pendelmessungen ausgeführt worden, einmal am Fuße und dann auf den Gipfeln der erloschenen, sowie der tätigen Vulkane, die bis zur Höhe des Mont-

blanc emporragen. Aus ihnen folgt, daß der Krater Mauna Kea ein erloschener Vulkan, als homogene Gebirgsmasse ohne merkliche Höhlungen betrachtet werden und daher nach menschlichem Ermessen überhaupt keine Eruptionen mehr ausführen kann. Der tätige Vulkan Mauna Loa dagegen hat sich durch Pendelbeobachtungen als hohler Bergkrater herausgestellt,



Großer Doppelrefraktor des Potsdamer Astrophysikalischen Observatoriums.

was durch neue Eruptionen sich bestätigte.

Gradmessungen und Pendelbeobachtungen, die an dieser Stelle nur kurz erwähnt werden konnten, haben zu zwei bedeutsamen internationalen Vereinigungen geführt, die fast sämtliche Kulturvölker der Erde zu gemeinsamer wissenschaftlicher Arbeit friedlich vereinen und deshalb nicht nur von hoher wissenschaftlicher, sondern auch von großer kulturhistorischer Bedeutung sind. Das „Internationale Maß- und Gewichtsbureau“ mit dem

Zentralsitz bei Paris und die „Internationale Erdmessung“, deren Zentralbureau zu Potsdam bei Berlin in Verbindung mit dem preußischen geodätischen Institut sich befindet.

Die gesamten Gradmessungen auf der Erde verlangen ein gemeinsames, einheitliches Grundmaß, für das schon am Ende des achtzehnten Jahrhunderts in Frankreich das Meter oder der ungefähr zehnmillionste Teil eines Meridianquadranten der Erde, vom Äquator bis zum Nordpol gerechnet, eingeführt wurde. Seit ungefähr 36 Jahren ist das metrische System allgemein in der Wissenschaft im Maß- und Gewichtswesen auf Grund einer „Internationalen Meterkonvention“, die 1875 zu Paris von 25 Staaten abgeschlossen wurde, eingeführt. Es wurde in Ver-

bindung damit ein „Internationales Maß- und Gewichts-bureau“ eingerichtet und bei Paris stationiert. Dasselbe hatte zunächst die Aufgabe, ein metrisches Urmaß herzustellen und danach die nötigen Kopien anzufertigen. Nach Abschluß dieser ersten großen Aufgabe wurden noch andere wissenschaftlich-technische Aufgaben gelöst. So wurde in neuerer Zeit auf jenem Institut die bekannte Nickel-Stahl-Legierung „Invar“ gefunden, eine Verbindung von Stahl und Nickel in bestimmter Mischung, die sich mit der Temperatur nicht ändert; ferner eine besondere Nickel-Stahl-Legierung, die fast ganz unmagnetisch ist. Solche Metallegierungen haben für die Technik und die Instrumentenkunde hohe Bedeutung.

Das zweite internationale Unternehmen, welches noch direkter mit der Gradmessung zusammenhängt, ist die „Internationale Erdmessung“. Auf Anregung des preussischen Generals Baeyer, der Schüler und Assistent von Bessel war, wurde 1864 auf einer Konferenz zu Berlin die sogenannte „Europäische Gradmessung“ begründet, an der alle europäischen Staaten beteiligt waren. 1886, nach Baeyers Tode, wurde dieselbe zu einer „Internationalen Erdmessung“ ausgestaltet, der jetzt alle Kulturstaaten der Erde beigetreten sind.

Das Programm der „Internationalen Erdmessung“, deren Zentralbureau in Potsdam bei Berlin liegt, ist ein ganz besonders reichhaltiges: Verbindung aller geodätischen Arbeiten, namentlich der Triangulierungen, umfassende Präzisionsnivellements, Ermittlung absoluter Meereshöhen, Untersuchungen von Lotabweichungen und ihrer Ursachen, Schwerkraftbestimmungen, Bearbeitung der terrestrischen Strahlenbrechung, Untersuchung sämtlicher geodätischer Maßstäbe, und endlich in neuester Zeit als eine der interessantesten Aufgaben: Ermittlung der Veränderlichkeit von geographischen Längen und Breiten.

Erst in neuerer Zeit hat man nämlich gefunden, daß Schwankungen der Erdachse innerhalb des Erdkörpers vorkommen, also die Achse der Erde im Erdkörper selbst nicht festliegt, sondern kleine periodische Schwankungen erfährt, die Veränderungen der geographischen Positionen auf der Erde mit sich bringen. Zur fortlaufenden Bestimmung dieser Erdachsen-schwankungen hat die „Internationale Erdmessung“ mit einem jährlichen Budget von etwa 60 000 Mark einen internationalen Breitendienst eingerichtet, so daß an bestimmten Stationen fort-

laufend Breitenbestimmungen ausgeführt werden, die von Jahr zu Jahr die Grundlagen für unsere Kenntniss von der Bewegung der Erdpole liefern.

Zum Schluß der Betrachtungen über die Erde soll noch auf die Bewegung unseres Planeten im Raume eingegangen werden, die Rotation der Erde um ihre Achse und die Revolution derselben um die Sonne. Hierzu kommt noch eine dritte Bewegung, die die Erde mit der Sonne zugleich im Universum vollzieht, worüber jedoch schon beim Kapitel Sonne das Nötige mitgeteilt wurde. Die Beweise für die Drehung der Erde sind durchschlagend und zahlreich. Und doch ist es begreiflich, daß zu Beginn der menschlichen Welterfahrung die scheinbaren, nur durch unsere Mitbewegung mit der Erde entstehenden Ortsveränderungen am Himmel für wirkliche angesehen wurden, daß man also annahm, die Erde stehe fest und die übrigen Gestirne bewegten sich um die ruhende Erde. Auch heute erleben wir ähnliche Täuschungen; befindet man sich z. B. in einem Eisenbahnzuge mit beginnender Bewegung, während daneben ein anderer Eisenbahnzug stillsteht, so täuscht man sich häufig darüber, welcher Zug eigentlich in Bewegung ist. Die scheinbare Ortsveränderung der Umgebung erweckt in uns eine falsche Vorstellung, und diese Augen Täuschung weicht erst, wenn wir scheinbare Ortsveränderungen an solchen Gegenständen wahrnehmen, die nach unseren sonstigen Erfahrungen unbeweglich sind. Ganz entsprechend ist es auch mit der wirklichen Erdrotation und der scheinbaren Drehung der Himmelskugel in der frühesten Anschauung des Menschen gewesen; nur handelt es sich hierbei um viel gewaltigere Bewegungen, deren Besonderheiten kurz skizziert seien.

Bei der Umdrehung der Erde um ihre Achse bewegt sich ein Oberflächenpunkt am Äquator, wo das Maximum der Rotationsbewegung stattfindet, mit einer Geschwindigkeit von 465 Meter in der Sekunde. Vergleichen wir diese Geschwindigkeit mit anderen, unserer Vorstellung näherstehenden, etwa mit der Geschwindigkeit des schnellsten Eisenbahnzuges, die ca. 25 Meter in der Sekunde beträgt, oder mit der Geschwindigkeit der gewaltigsten Orkane, die etwa 50 Meter in der Sekunde erreicht, so kommen wir zu dem Resultat, daß ein Oberflächenpunkt am Äquator sich mit zehnmal größerer Geschwindigkeit fortbewegt als die Luftteilchen beim stärksten Orkan. Ferner nimmt die Geschwindigkeit vom Äquator nach beiden Polen hin ab; an den



Polen ist sie Null, weil dort die Rotationsbewegung ruht. Sie beträgt z. B. in Berlin, auf dem 52. Breitenparallel, nur noch 284 Meter in der Sekunde, und 100 Kilometer nördlich und südlich davon haben wir je 6 Meter Unterschied in der Drehungsgeschwindigkeit. Man hat es daher bei der Erdrotation nicht nur mit einer gewaltigen Drehungsgeschwindigkeit zu tun, sondern, was vielleicht noch wichtiger ist, mit großen Geschwindigkeitsunterschieden auf der Erde. Diese letzteren bedeuten schon an sich ansehnliche Windbewegungen und spielen in der Meteorologie eine große Rolle, wenn die Luftschichten in verschiedenen Zonen der Erde ins Auge gefaßt werden.

Nun noch einige Beweise für die Erdrotation oder für die Drehung unserer Erde von Westen nach Osten in 24 Stunden Sternzeit (23 Stunden 56 Minuten 4,5 Sekunden mittlerer Zeit) um ihre Achse.

Wenn man einen schweren Körper aus großer Höhe herabfallen läßt, muß er östlich, in Richtung der Erdbewegung West-Ost, von demjenigen Punkte niederfallen, der senkrecht unter dem Ausgangspunkt seines Falles liegt. Bei einer Fallhöhe von 150 Metern beträgt diese östliche Abweichung in mittleren geographischen Breiten ungefähr  $2\frac{1}{2}$  Zentimeter, an den Polen wird sie Null, während sie am Äquator ihr Maximum von 4 Zentimeter erreicht. Um solche Experimente praktisch auszuführen, muß vor allem der störende Einfluß bewegter Luft ferngehalten werden. Der Physiker Reich hat 1831 in einem 150 Meter tiefen Bergschacht bei Freiberg in Sachsen derartige Versuche ausgeführt und den Betrag von  $2\frac{1}{2}$  Zentimeter östlicher Abweichung festgestellt. Zwanzig Jahre später fand der bekannte Pendelversuch von Foucault im Pantheon zu Paris, durch den die Erddrehung direkt wahrnehmbar gemacht wurde, statt. An der über 60 Meter hohen Kuppel des Pantheons befestigte Foucault mit einem langen Draht eine schwere eiserne Kugel mit Stahlspitze, unter welcher ein Sandkreis aufgeschüttet war. Der Schwingungsbogen betrug 6 Meter und wurde vom Pendel in 8 Sekunden durchlaufen. In den Sandkreis zeichneten sich die Pendelschwingungen ein und ließen erkennen, daß der Boden des Pantheons sich unter der unveränderlichen Schwingungsebene des langen Pendels entsprechend der Erdrotation drehte. Eine Wiederholung dieses ebenso einfachen wie sinnreichen Experiments hat später der gelehrte italienische Jesuiten-

pater und Astronom Secchi, hauptsächlich als Sonnenforscher bekannt, in einer Kirche zu Rom angestellt.

Weitere Beweise für die Drehung unseres Planeten bietet die Abplattung der Erde, die nur durch Verbindung der Rotationsbewegung mit der allgemeinen Massenanziehung zustande kommt, dann die bekannte Abweichung der in meridionaler Richtung abgefeuerten Geschosse auf der nördlichen Halbkugel der Erde nach rechts, auf der südlichen nach links; ferner die Passatlustströmungen, auf der Nordhemisphäre von Nordost, auf der Südhemisphäre von Südwest wehend, und endlich das Drehungsgesetz der Winde.

Die Drehung der Erde um ihre Achse hat wegen ihrer großen Gleichförmigkeit und hohen Beständigkeit unermessliche Bedeutung, da sie als Grundlage unseres ganzen Zeitmaßes und zur Kontrolle unserer feinsten Uhren dient. Es liegt deshalb die Frage nahe, ob die Erdrotation wirklich ganz unveränderlich ist. Zunächst sprechen theoretische Betrachtungen gegen eine Unveränderlichkeit und vollkommene Beständigkeit dieses feinsten Zeitmaßes. Reibungen der Flutwellen, Ablagerungen der in großer Zahl auf die Erde fallenden Meteormassen könnten die Rotation unseres Planeten verlangsamen. Dagegen muß man sich vorstellen, daß der allmähliche Wärmeverlust der Erde und die dadurch bedingte Zusammenschrumpfung die Umdrehung des Erdkörpers beschleunigen. Dann kommen noch subtilere Fragen hinzu, wie geologische Veränderungen, Hebungen und Senkungen der Kontinente sowie Massentransporte aus tieferen Erdschichten. Das sind aber nur theoretische Möglichkeiten, durch welche die Stabilität der Erdrotation beeinflusst werden könnte. In der Praxis geben selbst unsere genauesten astronomischen Untersuchungen bis jetzt wenigstens keinen Anhalt dafür, daß die Umdrehungszeit der Erde sich in den letzten Jahrhunderten auch nur um  $\frac{1}{100}$  Zeitsekunde geändert hat.

Im Zusammenhange mit der Erdrotation sei noch diejenige Erscheinung kurz erörtert, die durch die Anziehungswirkungen von Sonne und Mond auf das rotierende Erdsphäroid zustande kommt. Es sind dies Lagenänderungen der Erdachse im Raume und Gestaltsveränderungen der flüssigen Teile der Erdoberfläche. Die ersteren nennt man Präzessions- und Nutationserscheinungen, die zweiten sind bekannt als Gezeitenphänomene oder Ebbe- und Flutbewegung der Meere.

Durch die Anziehungswirkungen von Mond und Sonne auf den rotierenden und abgeplatteten Erdkörper wird die Lage der Erdachse im Himmelsraum verändert. Der ideale größte Kreis senkrecht zur Erdachse, der Äquator, und seine Pole verschieben ihre Lage unter den Sternen. Außerdem bedingen die großen Planeten, besonders Jupiter und Saturn, Lagenänderungen der Erdbahnebene im Raume, so daß auch diese im Laufe der Zeit mit verschiedenen Sternen zusammenfällt. Die kombinierte Bewegung beider Ebenen, des Äquators und der Ekliptik, bringen Verschiebungen der Durchschnittspunkte oder Äquinoktial- (Frühlings- und Herbst-) Punkte mit sich, ebenso Änderungen in der Schiefe der Ekliptik oder im Winkel zwischen Äquator- und Tierkreisebene.

Der Nordpol am Himmel, der gegenwärtig nicht weit vom hellsten Stern im kleinen Bären ( $\alpha$  Ursae minoris) liegt, beschreibt infolge jener Präzession eine langsame Bewegung um den Pol der Ekliptik, der zurzeit im Sternbilde des Drachen liegt. Durch diese große Umlaufsbewegung, die langsam in einer Zeit von 26 000 Jahren, dem sogenannten platonischen Jahre, sich vollzieht, werden auch die Koordinaten der Sterne der Zeit proportional geändert. Außerdem findet eine Bewegung der Äquatorpole in kürzerer Periode als sogenannte Nutation statt, die gewissermaßen eine periodische Ungleichheit der Präzession darstellt.

Schon Hipparch hat die Präzessionsbewegung gefunden, die im Jahre 50 Bogensekunden beträgt. Infolge derselben stand unser jetziger Polarstern, der gegenwärtig etwa  $1\frac{1}{6}$  Grad vom Himmelsnordpol entfernt ist, zu Hipparchs Zeiten noch 12 Grad vom Pol ab. Sobald unser jetziger Polarstern bis auf etwa  $\frac{1}{2}$  Grad dem Pole sich genähert haben wird, fängt er an, wieder vom Nordpol fortzugehen, und nach etwa 12 000 Jahren wird Wega, der hellste Stern in der Leier, der jetzt noch 51 Grad vom Nordpol absteht, nördlicher Polarstern sein.

Die Anziehungswirkungen von Mond und Sonne, besonders diejenigen des ersteren, der uns vierzigmal näher ist als die Sonne, bewirken ferner auf die Wassermassen der Erde die bekannten Ebbe- und Fluterscheinungen, die nur kurz besprochen seien.

Schon Julius Cäsar kannte das Gesetzmäßige dieser Gezeiten, wie aus den lehrreichen Schilderungen seiner Fahrten über den englischen Kanal hervorgeht. Die großen römischen und grie-

chischen Historiographen Plinius und Strabo haben es deutlich ausgesprochen, daß Mond und Sonne die Gewässer des Meeres an sich zögen. Aber erst 1700 Jahre später gelang es Newton, dem Schöpfer der Gravitationstheorie, in Verbindung mit den Rotationsgesetzen der abgeplatteten Erde eine nahezu vollständige mathematische Theorie der Gezeiten zu geben, die in neuerer Zeit auch auf experimentellem Wege durch Pegelbeobachtungen an allen Küsten, besonders auf Anregung von Lubbock, Börgen u. a. weiter vervollkommenet wurde.

Ebbe und Flut wechseln täglich je zweimal an allen Küsten der Weltmeere, und die zwischen den Momenten des Hochwassers liegenden Zeitabschnitte von etwa  $12\frac{1}{2}$  Stunden sind identisch mit dem zwischen je zwei Kulminationen des Mondes verfloßenen Intervall. Würden die Wassermassen sofort der Mondanziehung gehorchen, so müßte an einem bestimmten Orte stets Flut eintreten, sobald der Mond den Meridian desselben passiert, und stets Ebbe sein, sobald der Mond sich in der Richtung Ostwest befindet, d. h. wenn der Mond für den betreffenden Ort auf- oder untergeht. Wegen der Trägheit in der Bewegung der Wassermassen findet das Hochwasser aber erst einige Stunden nach dem Meridiandurchgang des Mondes statt, wobei auch noch eine gleichmäßig mit Wasser bedeckte Erdoberfläche vorausgesetzt ist. In Wirklichkeit hat man es nicht nur mit einer Trägheit in der Bewegung der Wassermassen zu tun, sondern auch noch mit lokalen Störungen, die durch Kontinente und Inseln entstehen und eine freie Beweglichkeit der Wassermassen hindern. Es gibt nun für jeden Ort an der Küste eine sogenannte „Hafenzeit“, die aus Flutbeobachtungen ermittelt wird; es ist diejenige Zeit, zu welcher — abgesehen von besonderen Störungen, die durch Stürme verursacht werden — Hochwasser später als die Mondkulmination eintritt. Nach praktischer Ermittlung dieser Hafenzeit kann man mit Hilfe der Mondbewegung die genauen Zeiten des Eintritts und die Höhen von Ebbe und Flut für jeden Ort im Voraus berechnen. Man bedient sich dazu einer Methode der harmonischen Analyse, die zuerst von Lord Kelvin und später von Professor Börgen ausgebildet wurde. So gibt es jetzt jährlich vorausberechnete Gezeitentafeln, die für alle Küstenorte der Erde Hafenzeiten und Höhen des Wasserstandes bei Ebbe und Flut angeben. Ein Maximum der Flut, die sogenannte Springflut, tritt ein zur Zeit von Voll- oder Neumond, wenn



die Anziehungswirkungen von Sonne und Mond, dieser beiden, alsdann etwa in einer Linie stehenden Himmelskörper sich vereinigen. Minimale oder sogenannte Nipfluten treten dagegen zum ersten oder letzten Mondviertel auf, wenn die Anziehungskräfte von Sonne und Mond gegeneinander wirken. Es sei noch bemerkt, daß nicht nur die Weltmeere Ebbe- und Fluterscheinungen haben, sondern auch die kleineren Binnenmeere. Nicht nur die Ostsee, sondern auch die nordamerikanischen Seen weisen geringe Gezeitenerscheinungen auf.

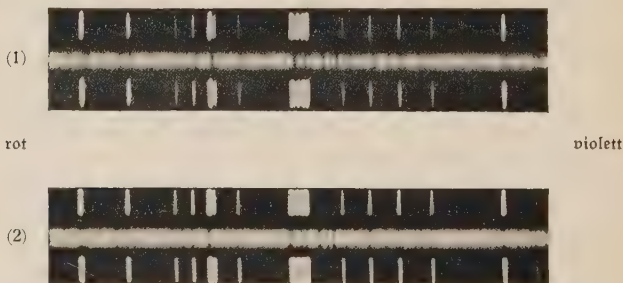
Auch im Luftmeere könnte man zunächst theoretisch eine den Gezeiten der Meere ähnliche Bewegung, hervorgerufen durch den Mond, annehmen. Aber die große Elastizität und Beweglichkeit der Luft fördert den Ausgleich dieser Bewegung so rasch, daß Ebbe- und Flutbewegungen im Luftozean nur von ganz geringer Größe sein können. Während z. B. die Flutwelle auf offenem Meere eine Höhe von etwa  $\frac{3}{4}$  Meter erreicht — in engen Meeresstraßen steigert sie sich sogar bis zu 25 Meter — beträgt die ganze Schwankung des Barometers, hervorgerufen durch die wechselnde Mondstellung, nur wenige Zehntel Millimeter. Bei diesem geringen Einfluß des Mondes auf die Atmosphäre ist es unwissenschaftlich und phantastisch, nach den Stellungen und Phasen des Mondes etwa Wetterprognosen aufzustellen. Die sogenannten kritischen Tage von Halb sind längst vor der strengen Kritik der Wissenschaft dahingeschwunden, worauf beim Monde noch näher eingegangen werden soll.

Die astronomischen Betrachtungen über die Erde seien abgeschlossen mit der Schilderung der Bewegung unseres Planeten um die Sonne als Zentralkörper. Die Erde hat nicht nur unter den vier mittleren und sonnennächsten Planeten, Merkur, Venus, Erde und Mars, sondern unter allen Körpern des Sonnensystems den besonderen Vorzug der größten Dichtigkeit. Unser Planet ist etwa 5,5 mal dichter als Wasser, viermal dichter als die Sonne, siebenmal dichter als Saturn, zweimal dichter als Mars und etwa anderthalbmal so dicht wie Merkur. Die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, die man als kosmisches Meter bezeichnet und als Längeneinheit bei Ausmessungen von Räumen im Planetensystem benutzt, beträgt rund 149 Millionen Kilometer. Daraus folgt ein bestimmter Wert für die Sonnenparallaxe d. h. für den Winkel, unter welchem der Erdhalbmesser in der Sonnenentfernung erscheint.

Dieser Winkel von 8,80 Bogensekunden hat sich u. a. aus Beobachtungen der Venus-Vorübergänge vor der Sonnenscheibe bis auf  $\frac{1}{100}$  seines Wertes bestimmen lassen.

Die Realität der Bewegung unserer Erde um die Sonne war schon durch Kopernicus, Kepler und Newton mathematisch genau festgestellt worden. Die astronomische Forschung besitzt aber ähnlich wie für die Rotation auch für die Revolution der Erde einige greifbare Beweise. Zunächst die im Jahre 1728 von Bradley entdeckte Aberration oder Abirrung des Lichtes,

Spektrum von  $\gamma$  Piscium in der Elliptik (Ebene der Erdbahn).



(2) ist sechs Monate später als (1) aufgenommen. Aus der Verschiebung der Spektrallinien folgt die Bahnbewegung der Erde.

durch welche die Richtung, in der wir einen Stern am Himmel erblicken, bis zu 20 Bogensekunden von derjenigen abweicht, in welcher uns der Stern erscheinen würde, wenn die Erde stillstände, oder wenn das Licht keine meßbare Fortpflanzungsgeschwindigkeit besäße. Gerade das endliche Verhältnis zwischen diesen beiden Geschwindigkeiten, von denen die Vorwärtsbewegung der Erde in ihrer Bahn 30 Kilometer, die Lichtgeschwindigkeit 300 000 Kilometer in der Sekunde beträgt, bewirkt, daß die Sterne am Himmel um einen kleinen Betrag gegen ihren wahren Ort nach derjenigen Richtung verschoben werden, nach welcher die Erde sich bewegt. Man kann sich die Wirkungen dieser Aberration, durch welche der Nachweis der Erdbewegung um die Sonne dem Beobachter im Fernrohr fast unmittelbar vor Augen geführt wird, durch folgendes Bild klar machen:

Auf ein Schiff, das mit großer Schnelligkeit von Westen nach Osten einen Strom hinabfährt, wird vom südlichen Ufer

in der Richtung Süd—Nord eine Kanonenkugel abgefeuert, die beide Seiten des Schiffes durchbohrt. Offenbar werden die beiden Schußlöcher einander nicht gerade, sondern etwas schräg gegenüberliegen, weil während der Durchschlagszeit der Kugel durch den Schiffsrumpf das Schiff ein Stückchen vorwärts gerückt ist. Würde man nicht, daß das Schiff sich bewegt hat, so würde man glauben, die Kugel sei schräg auf dasselbe abgefeuert worden. Setzt man an Stelle des Schiffes die Erde, die sich um die Sonne bewegt, und anstatt der Kugel den von einem fernen Stern ausgehenden Lichtstrahl, so begreift man sofort die Erscheinung der Aberration oder Lichtabirrung.

Einen weiteren Beweis für die Erdbewegung um die Sonne bieten die sogenannten jährlichen Parallaxen der Fixsterne, d. h. scheinbare jährliche Ortsveränderungen von Sternen, in denen sich die Jahresbewegung der Erde um die Sonne oder die Fortbewegung des Beobachters auf der gewaltigen Bahnstrecke von etwa 300 Millionen Kilometer um die Sonne perspektivisch widerspiegelt. Dabei muß natürlich die Entfernung der betreffenden Fixsterne von der Erde endlich groß sein im Verhältnis zu jener Bahnstrecke. Die feinsten Messungen von Sternörterern während der letzten Jahrzehnte haben bis jetzt ungefähr 70 Fixsterne erkennen lassen, bei denen eine äußerst kleine scheinbare jährliche Bewegung sich darstellt. Besonders deutlich tritt diese jährliche Parallaxe im Betrage fast einer Bogensekunde bei dem hellsten Stern des südlichen Himmels,  $\alpha$  Centauri, auf, der unserer Erde am nächsten steht und dessen Licht ungefähr vier Jahre gebraucht, um zu uns zu gelangen.

Einen dritten besonders interessanten und deutlichen Beweis für die Bewegung der Erde haben die Spektralbeobachtungen der Gestirne in den letzten Jahrzehnten geliefert. Man wendet dabei das sogenannte Dopplersche Prinzip an, das zunächst von der Akustik herrührt. Bekanntlich erscheint der pfeifende Ton einer Lokomotive, die sich auf uns zubewegt, beträchtlich höher als derselbe Ton der von uns sich fortbewegenden Lokomotive. Dementsprechend wird das Licht eines Gestirns in der Ekliptik, nach welchem unsere Bewegung um die Sonne hinführt, nach dem violetten Teil des Spektrums oder nach den kürzeren Wellenlängen hin verschoben, während die Spektrallinien desselben Gestirns, ein halbes Jahr später, wenn wir uns auf unserer jährlichen Wanderung um die Sonne von ihm entfernen, nach

dem roten Teil oder nach den längeren Wellenlängen verschoben werden. Besonders in den letzten Jahren haben solche feinsten spektrophotographischen Messungen bis auf etwa  $\frac{1}{10}$  Kilometer genau die von der Erde um die Sonne zurückgelegte Bahnstrecke, in voller Übereinstimmung mit der planetarischen Theorie der Erdbewegung, ergeben.

Noch ein vierter, sehr anschaulicher Beweis für die Erdbewegung wird durch die Sternschnuppen geliefert, mit deren Wesen wir uns erst später eingehender beschäftigen wollen. Die Geschwindigkeiten, mit denen diese kleinsten Weltkörper in die Erdatmosphäre eindringen und daselbst durch Reibung zur Entzündung gelangen, setzen sich aus den Eigengeschwindigkeiten der Meteore und aus der Erdbewegung um die Sonne zusammen. Letztere beträgt 30 Kilometer in der Sekunde, und die Sternschnuppen bewegen sich mit Geschwindigkeiten von 40 bis 100 Kilometer in der Sekunde. Wenn nun diese Sternschnuppen hinter der Erde herkommen, so dringen sie mit der Differenz zwischen ihrer eigenen und der Erdgeschwindigkeit in die Atmosphäre ein. Wenn sie aber der Erde entgegenkommen, so summieren sich diese beiden Geschwindigkeiten; bei seitlichem Eindringen treten Zwischenwerte für diese Geschwindigkeit auf. Aus den Richtungen, in denen jene kleinsten Weltkörper, besonders im August und November, zur Zeit der Perseiden- und Leoniden-Schwärme, in die Atmosphäre der Erde eindringen, kann man mit Hilfe von Geschwindigkeit und Richtung unserer eigenen Bewegung im Raume die wahren Bahnen jener Meteore herleiten. Auf diese Weise hat man gefunden, daß große Scharen von Meteorkörpern in den Bahnen bereits bekannter Kometen einherwandeln. Umgekehrt liefern gerade diese Übereinstimmungen den Beweis für die Realität der Erdbewegung.

## Siebentes Kapitel.

### Der Mond.

Unser Trabant ist als Begleiter der Erde der nächste Himmelskörper; die mittlere Entfernung Erde—Mond beträgt nur 50 000 Meilen oder 384 000 Kilometer. Trotzdem kann unsere spezielle Kenntnis des Mondes durchaus noch nicht für abge-



schlossen gelten. Genau bekannt sind zunächst Größe, Entfernung, Masse und Dichtigkeit des Mondes. Der scheinbare Monddurchmesser, in mittlerer Entfernung von der Erde gesehen, beträgt etwas über  $\frac{1}{2}$  Grad (31 Minuten), ist also nur wenig kleiner als der scheinbare Sonnendurchmesser. Wegen der elliptischen Mondbahn schwankt dieser Durchmesser während eines Trabantenumschlufs um die Erde, d. h. im Monat um 4 Minuten hin und her. Bei der Mondnähe, die 354 000 Kilometern entspricht, beträgt der Durchmesser 33,6 Minuten; bei der Mondferne, die zu einer Entfernung von 414 000 Kilometer gehört, sinkt der Monddurchmesser im Minimum auf 29,4 Minuten herab. Der wahre Durchmesser des Mondes beträgt 3480 Kilometer, rund 3500 Kilometer oder  $\frac{2}{7}$  des Erddurchmessers. Die Oberfläche des Mondes ergibt sich infolgedessen zu etwa  $\frac{1}{13}$  der Erdoberfläche, und sein Rauminhalt zu ungefähr  $\frac{1}{50}$  des Erdvolumens. Außerdem ist die Mondmasse ( $\frac{1}{80}$  der Erdmasse) sehr genau bekannt, einmal aus Untersuchungen über die Bewegungen der Erdschale im Raume und dann aus Ebbe- und Flutberechnungen, die in erster Linie auf Anziehungen des Mondes beruhen. Wenn Masse und Volumen bekannt sind, findet man nach der bekannten physikalischen Formel: Dichtigkeit eines Körpers gleich Masse dividiert durch Volumen, auch die mittlere Monddichtigkeit, zu 0,62 der Erddichte. Das spezifische Gewicht der Mondgesteine beträgt also im Mittel 3,4 oder nur etwas mehr als die Hälfte der irdischen Dichte. Eine Abplattung hat man beim Monde nicht finden können, aber man hat eine Zeitlang aus theoretischen Untersuchungen über die Mondbewegungen den Schluß gezogen, daß der Schwerpunkt unseres Trabanten etwa 60 Kilometer weiter von der Erde entfernt liegt als sein Mittelpunkt. Dieses Ergebnis ist jedoch durch neuere theoretische Untersuchungen als höchst unwahrscheinlich hingestellt worden.

Der Einfluß des Mondes auf die Erde beschränkt sich abgesehen von den Bewegungsförderungen der Präzession und Nutation, nur noch auf die Erzeugung von Ebbe und Flut der Ozeane. Sonstige Einwirkungen, abgesehen vielleicht von ganz minimalen Schwankungen im Luftdruck, also etwaige Einwirkungen auf Erdbeben oder irdische Witterungszustände müssen auf Grund einer langjährigen meteorologischen Statistik endgültig in das Gebiet des Aberglaubens verwiesen werden. Es ist daher nicht mehr möglich, die falschen Theorien aufrecht zu erhalten, obwohl

durchaus nicht bestritten werden soll, daß des öfteren falsche Prognosen zugetroffen sind. Das Wetter hat eben viele kurze Perioden, der Mond ändert seine Phasen gleichfalls schnell, und es ist daher leicht möglich, daß die Änderungen von Mondphasen und Wetter zusammentreffen. Die Hauptsache bleibt, daß die Statistik durch wissenschaftlich sorgfältige Zusammenstellungen der verschiedenen Erscheinungen des Wetters und der Mondphasen absolut keine gesetzmäßigen Beziehungen zwischen beiden Erscheinungen ergeben hat.

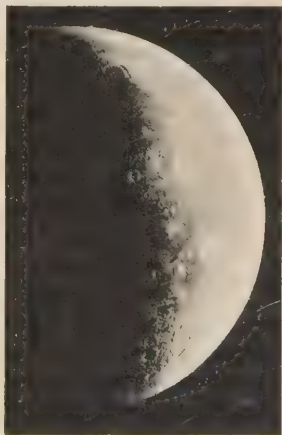
Daß der Mond in der Tat nur Attraktionswirkungen und keinerlei meteorologische Einflüsse auszuüben vermag, wird noch verständlicher, wenn man Licht- und Wärmewirkungen unseres Trabanten betrachtet. Nach genauen photometrischen Bestimmungen beträgt die gesamte, vom Vollmond uns zugesandte Menge reflektierten Sonnenlichtes nur den 600 000. Teil des von der Sonne selbst ausgestrahlten Lichtes. Man kann ausrechnen, daß zur Erzielung einer solchen Zurückstrahlung die Oberflächenmaterie des Mondes etwa die Farbe des Tonmergels aufweisen muß, was mit den Erscheinungen am Monde übereinstimmt.

Viel schwerer sind die Wärmemengen zu ermitteln, die vom Monde herrühren. Nach wärmetheoretischen Betrachtungen ist diese Quantität so klein, daß sie ein Thermometer nur um etwa  $\frac{1}{5000}$  Grad Celsius steigen lassen könnte und sich der gewöhnlichen thermometrischen Wahrnehmung gänzlich entzieht. Erst in den letzten Jahren ist es mit Hilfe besonderer thermoelektrischer Apparate, sogenannter Bolometer, und durch Konzentration des Mondlichtes in sehr mächtigen Metallspiegeln gelungen, etwas von der Mondwärme nachzuweisen. Das Maximum liegt naturgemäß beim Vollmond, das Minimum zur Zeit des Neumondes. Temperaturen selbst haben sich mit Sicherheit nicht bestimmen lassen, aber aus differentiellen Beobachtungen und unter Zugrundelegung plausibler Annahmen konnte man schließen, daß zwischen den von der Sonne bestrahlten und den in Nacht gehüllten Teilen des Mondes, also in etwa vierzehntägigen Perioden, Temperaturunterschiede von etwa 300 Grad Celsius auftreten. So große Wärmekontraste mußten auf die Morphologie unseres Satelliten einen erheblichen Einfluß ausüben.

Derartige Wärmekontraste wurden noch dadurch gesteigert, daß der Mond keine schützende atmosphärische Hülle besitzt,

wenigstens keine solche, die sich mit der Erdatmosphäre an Dichtigkeit irgendwie vergleichen läßt. Die Tatsache, daß der Mond keine Atmosphäre hat, läßt sich auf verschiedenen Wegen erweisen.

Erstens erscheinen die Randzonen des Mondes, die beim Vorhandensein einer Atmosphäre durch dichtere Schichten gesehen würden, ohne die geringste Verzerrung. Man erkennt, selbst bei Verwendung großer Fernrohre, keine Spur von Dunst. Alle Schatten auf unserem Trabanten erscheinen gleichmäßig scharf, niemals verwaschen. Keine Andeutung von Wolkenbildungen, nicht eine Spur von Übergreifen der Mondhörner bei der Sichelgestalt unseres Trabanten macht sich bemerkbar, wie dies z. B. bei der Venus der Fall ist, wo die Atmosphäre ein starkes Übergreifen der Hörner über den Halbkreis verursacht. Ferner sprechen, wenn der Mond zwischen Erde und einem entfernten Himmelskörper tritt, alle Beobachtungen gegen das Vorhandensein einer merklichen Atmosphäre. Bei Sonnenfinsternissen z. B. fehlt das Auftreten eines Ringes um den Mond, wie die Venus ihn z. B. beim Phänomen des Venusvorüberganges vor der Sonne zeigt. Am charakteristischsten in dieser Beziehung sind die Sternbedeckungen durch den Mond, sobald unser Satellit über einen Fixstern am Himmel vorbeizieht und denselben eine Zeit lang verdeckt. Beim Vorhandensein einer merklichen Mondatmosphäre könnte Verschwinden und Wiederauftauchen eines Sterns hinter der Mondscheibe nicht so plötzlich stattfinden, wie es tatsächlich beobachtet wird. Es kommt allerdings gelegentlich vor, daß ein Kleben des Sterns am Mondrande wahrgenommen wird; aber dieses nicht momentane Verschwinden läßt sich auf andere Weise erklären. Einmal aus der Oberflächenfiguration des Mondes, wenn der Stern in der Nähe eines hohen Berges verschwindet; oder aber durch physiologische Fehler der Sinneswahrnehmung, die bei solchen Messungen eine große Rolle spielen.



Zunehmender Mond.

Daß der Mond in der That keine merkliche Atmosphäre besitzt, beweisen endlich auch die spektroskopischen Untersuchungen des Mondlichtes und des Lichtes von Fixsternen im Moment ihrer Bedeckung durch den Mond. Das Mondspektrum ist ganz und gar identisch mit dem Sonnenspektrum und zeigt keine Veränderungen, die durch Reflektion des Sonnenlichtes an der Mondoberfläche oder durch irgendwelche Absorptionen in einer Mondatmosphäre veranlaßt wären. Man hat versucht, die Existenz einer minimalen Mondatmosphäre (etwa  $\frac{1}{1000}$  der Erdatmosphäre), also mit weniger als einen Millimeter Druck, aus dem Unterschiede in Messungen des Monddurchmessers auf direktem Wege oder durch Sternbedeckungen herzuleiten. In der That besteht zwischen den Resultaten dieser beiden Meßmethoden eine kleine Differenz, die für minimale Überreste einer äußerst dünnen Mondhülle zu sprechen scheint. Höchstwahrscheinlich aber handelt es sich hier um gewisse optisch=physiologische Messungsfehler, da einmal der Monddurchmesser direkt im Fernrohr, und das zweite Mal aus Sternbedeckungen bestimmt wird; im ersteren Falle erscheint die leuchtende Scheibe in Folge der Irradiation des Lichtes höchstwahrscheinlich vergrößert. Wie dem auch sei, jedenfalls steht fest, der Mond besitzt keine nach unseren Begriffen merkliche Atmosphäre, daher auch kein Wasser. Trotzdem können sich auf unserem Satelliten gewisse, vom äußeren Druck abhängige und mit ihm wechselnde Dampfspannungen vorfinden, die in sehr geringer Dichte über den Mondgesteinen lagern. Dafür spricht z. B. die Beobachtung des Mondkraters „Bode“, in dem ein Ringgebirge zuzeiten sichtbar und dann wieder unsichtbar ist.

Nach der bekannten Laplaceschen Hypothese der Weltentstehung muß unser Mond ursprünglich einmal eine Atmosphäre besessen haben zu einer Zeit, als er sich von der Erde ablöste und im feurig-flüssigen Zustande war. Es fragt sich nun, was ist aus dieser Lufthülle geworden? Man kann nur Vermutungen für das Verschwinden derselben aufstellen. Nicht unwahrscheinlich dürfte die Annahme sein, daß bei der schnellen Abkühlung des Mondes, der viel kleiner als die Erde und schon lange starr und erkaltet ist, die Lufthülle von den Gesteinsmassen absorbiert wurde. Wenn das der Fall wäre, dann könnte auch bei der Erde mit zunehmender Abkühlung ein allmähliches Verschlucken der Lufthülle durch die Gesteine eintreten und traurige Perspektiven für die Zukunft unseres irdischen Daseins hervorrufen. In diesem



fälle würde es nach Jahrmillionen nicht so kommen, wie Du Bois-Reymond meinte, daß nämlich bei genügender Abkühlung der Erde der letzte Mensch als Eskimo am Äquator stirbt, sondern die Menschen müßten aus Mangel an Sauerstoff zugrunde gehen. Doch das sind Hypothesen, die sich nicht beweisen lassen.

Nunmehr wollen wir uns zur näheren Beschreibung der Oberfläche unseres Mondes wenden und später die Bewegungen unseres Trabanten schildern, die zu den schwierigsten Problemen der Astronomie gehören.

Nicht nur für den Anblick mit bloßem Auge, auch im Fernrohr ist der Mond wegen seiner interessanten Oberflächenstruktur wohl das schönste Himmelsobjekt, das poetische Gemüter jederzeit zu begeistern pflegt, und der astronomischen Forschung nahegelegte, möglichst genaue Oberflächenstudien vorzunehmen.

Schon die Astronomen der alten Zeiten wußten, daß die Mondoberfläche ungleich hell sei; allerdings äußerten sie recht phantastische Ansichten über die Ursache dieser Erscheinung. Aristoteles schrieb die Mondflecken Reflexwirkungen unserer Meere zu; daß diese Flecken dem Monde in bestimmten Phasen das Aussehen eines menschlichen Gesichtes geben, sprach schon der griechische Historiker und Geograph Plutarch aus. Als Galilei zum ersten Male das Fernrohr auf den Mond richtete, erkannte er aus den mit den Phasen wechselnden Schatten die gebirgige Beschaffenheit unseres Satelliten. Eine wirkliche Mondkunde oder „Selenographie“ datiert aber erst aus der Mitte des siebzehnten Jahrhunderts, als der Danziger Bürgermeister und Astronom Hevelius 1647 auf Grund jahrelanger Messungen die erste Mondkarte herausgab. Hevelius hat die dunklen Flecken auf dem Monde als Mare (Meere) bezeichnet, zugleich aber geäußert, daß diese Flecken ihrer Beschaffenheit nach nicht mit irdischen Meeren verglichen werden können; auch den Mondgebirgen gab Hevelius Namen irdischer Gebirge. Dieses geographische Prinzip der Namensgebung ist durch den italienischen Mondforscher Riccioli, der 1651 eine zweite große Mondkarte herausgab, verlassen worden. Riccioli bezeichnete die dunklen Flecken auf dem Monde nach Hevelius als Mare, gab ihnen aber Namen astrologischen Charakters, entnommen aus dem vermuteten Einflusse des Mondes auf Schicksale und Stimmungen der Menschen. So entstand auf dem Monde ein Mare Tranquillitatis, Serenitatis, ein Mare Crisium usw., Namen, die noch heute auf den Mond-

Karten als phantastische Bezeichnungen sich erhalten haben. Die einzelnen Mondkrater, deren es viele Tausende gibt, bezeichnete Riccioli mit Namen berühmter Männer, so daß ein geistvoller französischer Astronom den Mond sehr richtig als „Kirchhof der Astronomen“ bezeichnete. Bei dieser Gelegenheit hat Riccioli natürlich nicht vergessen, auch seinen eigenen Namen in Gestalt eines nicht allzu kleinen Kraters der Nachwelt zu überliefern.

Nach Riccioli gab der französische Astronom Dominique Cassini am Ende des siebzehnten Jahrhunderts eine dritte große Mondkarte heraus mit einem Durchmesser von bereits 52 Zentimeter. Die Karten von Hevelius, Riccioli und Cassini wurden noch nach Zeichnungen mit bloßem Auge angefertigt. Der erste, der auf dem Monde Fixpunkte durch wirkliche Messungen nach selenographischen Längen und Breiten festlegte, war der deutsche Astronom Tobias Mayer, der 1749 eine sehr gute, etwa 20 Zentimeter große Mondkarte herausgab; am Ende des achtzehnten Jahrhunderts sind noch besonders die selenographischen Arbeiten von Schröter zu erwähnen.

Ein wesentlicher Fortschritt in der Selenographie ist erst mit dem Beginn des neunzehnten Jahrhunderts durch die Arbeiten von Lohrmann (1820—1839 in Dresden) zu verzeichnen, sowie durch die Beobachtungen und Aufzeichnungen von Beer und Mädler in Berlin (1830—1834). Lohrmann veröffentlichte 1839 eine kleine, aber sehr genaue Übersichtskarte des Mondes; außerdem bearbeitete er die Gebiete der Mondoberfläche in 25 größeren Spezialkarten, die erst 40 Jahre nach seinem Tode von dem rühmlichst bekannten deutschen Direktor der Sternwarte in Athen, Julius Schmidt, herausgegeben wurden. 1834 erschien die erste große Mondkarte von einem Meter Durchmesser, veröffentlicht von Mädler und Beer, die in ihren Personen eine eigenartige Verbindung von Gelehrten- und Liebhaber-Astronomen darstellten und auf der Privatsternwarte von Beer im Tiergarten zu Berlin zusammen arbeiteten. 1878 endlich kam die bisher größte und zugleich an Einzelheiten reichste Mondkarte von Julius Schmidt heraus, die nach jahrelangen Beobachtungen zu Athen bearbeitet wurde und zwei Meter im Durchmesser hat. Dann sind noch Arbeiten der Engländer Nasmyth und Nelson sowie verschiedener anderer Astronomen zu erwähnen. Aber als topographische Generalkarte des Mondes kann noch

heute die Schmidtsche Karte für die beste gelten; sie beruht auf vierzigjährigen Arbeiten unseres besten Mondkenners und ist auf Kosten des preussischen Unterrichtsministeriums herausgegeben worden.

In neuerer Zeit haben die Astronomen einen anderen und vielleicht richtigeren Weg zur Erforschung feinerer Einzelheiten auf der Mondoberfläche eingeschlagen. Man fertigt, ähnlich wie dies schon lange in der Kartographie der Erde geschieht, Spezialkarten einzelner Mondgegenden an, welche mit starkvergrößernden Fernrohren und mit Hilfe der neuerdings so erfolgreichen Himmelsphotographie aufgenommen sind, und alle nur irgend wie wahrnehmbare Einzelheiten enthalten. Es lassen sich dabei zwei verschiedene Methoden anwenden. Einmal kann man photographische Mondaufnahmen mit Zuhilfenahme der direkten Fernrohrbeobachtung in vergrößertem Maßstabe zeichnen, was am sorgfältigsten und schönsten auf Grund der photographischen Aufnahmen der Licksternwarte durch den Prager Astronom Weinek geschehen ist. Dann können auch die im Fernrohr aufgenommenen photographischen Mondbilder photographisch vergrößert werden, was mit den Mitteln der heutigen Technik am vollkommensten in Paris nach Aufnahmen im „Équatorial coudé“ durch Loewy geschehen ist. Der zuletzt beschriebene Weg, direkte photographische Aufnahmen auch photographisch zu vergrößern, dürfte zweifellos der beste sein, da bei der manuellen Vergrößerung durch Zeichnung trotz aller Vorsicht individuelle Auffassungen des Zeichners störend der Deutung sehr feiner Einzelheiten in den Weg treten können. Aber auch hinsichtlich der rein photographischen Darstellung der Mond-Topographie darf man sich gegenwärtig doch nicht allzu großen Illusionen hingeben. Der Hauptzweck derselben, mit der Zeit etwaige Veränderungen auf der Mondoberfläche zu erkennen, bleibt noch immer in Frage gestellt. Bei den neuesten und besten Photographien muß der kleinste überhaupt erkennbare Gegenstand auf der Platte immer noch die ansehnliche Größe von etwa 1000 Meter auf dem Monde haben. Weiteren Steigerungen in der Genauigkeit der photographischen Darstellung steht vorläufig noch das allzu grobe Silberkorn unserer Platten entgegen. Je lichtempfindlicher die Platte, um so gröber ist leider das Silberkorn; hoffentlich gelingt es der photographischen Technik, hier bald Wandel zu schaffen.

Wie sieht nun die Oberflächengestaltung des Mondes aus? Im wesentlichen werden fünf Hauptgruppen von Formationen auf dem Monde wahrgenommen: Ebenen, Krater, Berge, Rillen und Strahlensysteme.

Die Ebenen, nach Hevel „Mare“ genannt, stellen große dunkle, schon dem bloßen Auge auffallende Flächen dar, die sich zumeist auf der nördlichen Mondhälfte vorfinden. Die Krater bilden die häufigsten und charakteristischsten Mondformationen; sie sind kreisförmige, von Wällen umschlossene Gebirge, die nach außen mäßig, nach innen steil abfallen. Je nach Größe und Bildung unterscheidet man bei den Kratern Wallebenen, Ringgebirge, Kraterebenen und eigentliche Kraterformationen. Allein auf der Schmidtschen Mondkarte sind über 33 000 Krater verzeichnet, deren Durchmesser zwischen 1 und 230 Kilometer variieren.

Die eigentlichen Mondberge, „montes“ genannt, stellen mächtige Gebirgsketten dar, den terrestrischen Gebirgsformen ähnlich. Sie reichen bis zu 8000 Meter Höhe empor und kommen fast ausschließlich als große Gebirgsmassive ohne Ausbreitung in verschiedene Äste vor.

Die Rillen sind schmale, nur wenige Kilometer breite, aber bis zu 500 Kilometer lange Furchen, Bergrücken und Ringgebirge des Mondes ohne Unterbrechung meist in geraden Linien durchsetzend. Diese Rillen, von denen bisher 350 bekannt sind, lassen sich nur schwer nach Analogie irdischer Gebirgsformationen erklären. Vielleicht stellen sie wirkliche Risse in der Mondoberfläche dar, die bei niedrigem Stande der Sonne auf dem Monde sichtbar werden und von den starken, früher schon erwähnten Temperaturkontrasten auf dem Monde herrühren.

Ziemlich rätselhaft bleiben die Strahlensysteme auf unserem Satelliten, die weder Vertiefungen noch Erhöhungen darstellen, und zumeist bei Vollmond in klarster Beleuchtung sichtbar werden. Von den Ringgebirgen oder Kratern breiten sie sich als helle Streifen aus, oft sogar bis über den vierten Teil der gesamten Mondoberfläche. Man hat die Art und Anordnung dieser Strahlensysteme mit den Sprüngen in einer durch Druck von innen gesprengten Glasugel verglichen; die größten und schönsten derselben gehen von den beiden Ringgebirgen Tycho und Kopernicus aus. Von geologischer Seite versucht man gelegentlich, diese Strahlensysteme für vulkanische Ablagerungen zu halten, ohne irgendwelche Beweise dafür zu haben.



Ehe wir zur Besprechung der Bewegung unseres Satelliten übergehen, seien noch zwei wichtige Fragen berührt, die unmittelbar mit der Topographie des Mondes zusammenhängen: die Frage nach der Höhe der Mondberge, und die vielleicht noch wichtigere Frage nach etwaigen Veränderungen auf dem Monde.

Für die Höhenbestimmung von Mondbergen gibt es drei, eigentlich schon seit Galilei bekannte Methoden. Steht ein Berg genau am Rande der sichtbaren Mondscheibe, so kann man das Verhältnis seiner Erhöhung zum bekannten Halbmesser des Mondes mikrometrisch ausmessen. Dieses Verfahren läßt sich besonders während einer Sonnenfinsternis anwenden, weil dann die schwarze Mondscheibe auf dem hellen Sonnenhintergrunde scharf zu messen ist. Das zweite Verfahren, für alle, nicht nur die Randberge des Mondes anwendbar, besteht in folgendem:

In der Nähe der ausgezackten und wegen der Gebirge ganz unregelmäßig verlaufenden Lichtgrenze erkennt man deutlich isolierte, hellglänzende Lichtpunkte. Es sind dies Berggipfel, die von der für den Mond aufgehenden Sonne beschienen werden. Die Täler liegen noch im Schatten, während die Bergesgipfel bereits Licht erhalten. Jene im Alpenglühen leuchtenden Berge sind um so höher, je weiter sie von der Lichtquelle entfernt liegen; aus Messungen der Lichtgrenze kann daher auf die Erhebung der Gebirge geschlossen werden.

Die dritte und bekannteste Methode beruht auf Ermittlung der Schattenlänge jener Berge bei genau bekannter Sonnenhöhe über dem Mondhorizont. Solche Berghöhen-Bestimmungen haben ergeben, daß der höchste Mondgipfel „Curtius“ absolut fast ebenso hoch wie die größte irdische Erhebung im Himalaya, etwa 8850 Meter ist. Relativ sind die Mondberge viel höher als unsere Gebirgserhebungen, weil der Mondhalbmesser nur ein Viertel



Abnehmender Mond.

des Erdhalbmessers beträgt. Im ganzen haben wir auf dem Mond über 100 Berge, deren absolute Höhe 3500 Meter übersteigt. Die zehn höchsten Mondberge liegen in einer Höhenstufe von 4300 bis 8850 Meter; die Wälle der großen Ringgebirge erheben sich in der Regel etwa 3000 bis 4000 Meter hoch. Solche Messungen von Höhen der Mondberge sind schwierig und ihre Ergebnisse nicht besonders genau.

Im Anschluß an diese Höhenmessungen hat neuerdings Prof. Ebert Zusammenstellungen statistischer Art gemacht, die über die allgemeine Figuration der Mondgebirge interessante Aufschlüsse geben. Für fast hundert charakteristische Wallebenen, Ringgebirge und Krater werden folgende Dimensionen miteinander verglichen: Durchmesser der Wallebene, Höhe des Walls über dem äußeren Niveau, Höhe des Walls über dem inneren Niveau und Höhe des Zentralberges im Innern des Kraters. Bezeichnet man die Höhe des Zentralberges über der inneren Niveaufläche mit  $h$ , die Höhe der äußeren Randerhebung über dem inneren Niveau mit  $H$ , die Öffnung des Kraters mit  $D$  und die Erhebung des Kraters über der äußeren Niveaufläche mit  $A$ , so ergeben sich folgende Beziehungen zwischen  $A$ ,  $H$ ,  $D$  und  $h$ : Erstens ist  $H$  immer größer als  $A$ , also die Höhe über dem inneren Niveau größer als über dem äußeren, oder das innere Niveau liegt stets tief unter dem äußeren. Als Beispiel diene das Ringgebirge Maurolycus, bei welchem  $A = 1446$  Meter,  $H = 4477$  Meter beträgt.

Zweitens ist bei sämtlichen Ringgebirgen  $H$  bedeutend kleiner als  $D$ , die Öffnung des Kraters also viel größer als die Höhe über der inneren Niveaufläche. Als Beispiel sei der Krater Alphonsus erwähnt mit einem Durchmesser von 135 Kilometer und einer Höhe über der inneren Niveaufläche von nur 2 Kilometer.

Drittens endlich ist die Höhe  $h$  stets viel kleiner als  $H$ , so daß die Kuppe des Zentralberges niemals das äußere Niveau des Kraters erreicht.

Das ist der erste Anfang einer statistischen Untersuchung über die Gestaltung der Mondoberfläche, die auf etwa hundert Gebirgsformationen sich bezieht und weiter fortgesetzt werden muß, um ein zuverlässiges Bild über die Formationen auf unserem Satelliten zu geben.

Die zweite Frage von noch größerem Interesse ist die nach etwaigen aktuellen Veränderungen auf der Mondoberfläche.

Im allgemeinen bietet die Oberfläche unseres Satelliten dem Beobachter einen von anderen Himmelskörpern ganz verschiedenen Anblick. Man sieht einen erkalteten, zur Ruhe gekommenen, längst abgestorbenen Weltkörper vor sich, gleichsam ein „memento mori“ unserer Erde. Man erkennt keine wechselnden Gebilde, keine wolkenartigen Erscheinungen wie auf anderen Planeten; stets erscheint uns der Mond als starrer, toter Körper. Und doch kann man sagen, daß Veränderungen auf der Mondoberfläche im letzten Jahrhundert wahrgenommen wurden, teils durch das Auftreten neuer, teils durch das Verschwinden alter Formationen, die mit mehr oder weniger großer Sicherheit beobachtet sind. Allerdings muß man bei solchen Untersuchungen besonders kritisch verfahren und darf der Phantasie keinen Spielraum lassen. In dieser Hinsicht sind die Worte beherzigenswert, die Mädler, einer unserer bedeutendsten Mondforscher in seiner „Selenographie“ äußerte:

„Nur zu häufig hat man sich der Phantasie überlassen, die allerdings nirgends schwerer in Schranken zu halten ist, als bei einem Objecte, das mit vermehrter Kenntniss nur immer räthselhafter zu werden scheint und dabei für viele so überaus interessant gemacht werden kann, sobald man sich entschließt, Hypothesen auf Hypothesen zu häufen. Es ist leicht, auf diesem Wege den Ruf eines scharfsinnigen und geistreichen Forschers zu erlangen und zugleich die Begierde, erzählte Wunder mit eigenen Augen zu schauen, mächtig anzuregen, aber — der Wissenschaft bleibt solches Verfahren fremd.“

Wenn man an die Mondbeobachtungen von Schröter im 18. Jahrhundert und die Arbeiten englischer Selenographen wie Webb und Bird Mitte des neunzehnten Jahrhunderts, die alle über neu entstandene Mondformationen handeln, den Maßstab strenger Kritik anlegt, so erkennt man, daß die Hypothese des „früher nicht Vorhandenseins“ sich in die Tatsache des „früher nicht Gesehenseins“ solcher Mondgebilde auflöst. Durch vergrößerte Aufmerksamkeit und mit den verfeinerten optischen Hilfsmitteln können neue Formationen auf dem Monde entdeckt werden, die trotzdem nicht neu entstanden, sondern früher nur nicht gesehen sind.

Ganz anders liegt die Sache, wenn es sich um das sicher konstatierte Verschwinden einer früher vorhandenen, wohlbekannten Mondformation handelt. Dafür sind in der That Andeutungen

bei der Mondlandschaft Alhazén vorhanden, während im Mare Serenitatis das Verschwinden eines Kraters mit Sicherheit nachgewiesen ist. In der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts wurde von den Mondforschern Mädler, Lohrmann und Schmidt im südöstlichen Teil des Mare Serenitatis ein 7 Kilometer breiter und etwa 1 Kilometer hoher Krater Linné entdeckt, der in den letzten Jahrzehnten selbst von den besten Mondbeobachtern nicht mehr aufgefunden werden konnte. Man sieht an seiner Stelle nur einen kleinen elliptischen Fleck mit äußerst feiner, punktförmiger Krateröffnung. Außerdem hat dieser Krater auch deshalb zu Vermutungen über Änderungen auf dem Monde Veranlassung gegeben, weil eine Veränderlichkeit seines Durchmesser konstatiert werden konnte.

Wodurch können solche Veränderungen auf dem Monde hervorgerufen werden? Sind etwa die Kraterwälle eingestürzt, oder treten vielleicht innerhalb eines bestimmten Kraters Nebelbildungen auf, die den Krater für längere Zeit unsichtbar machen? Man kann keine bestimmte Erklärung für diese Veränderungen geben, und es wäre verfrüht, sich darüber schon jetzt definitiv auszulassen. Es steht aber zu hoffen, daß es der modernen Selenographie, die mit Hilfe photographischer Aufnahmen Spezialarten einzelner Gebirge des Mondes herstellt, einmal gelingen wird, die Ursachen derartiger Veränderungen auf dem Monde zu finden.

Nunmehr seien die Bewegungen des Mondes erörtert.

Die auffallendste Eigentümlichkeit besteht darin, daß der Mond in derselben Zeit um seine Achse rotiert, in der er um die Erde läuft; er wendet der Erde stets dieselbe Seite zu. Zweifellos hatte unser Trabant zuerst eine schnellere Rotation, und der Mondtag war früher nicht  $29\frac{1}{2}$  mal so lang wie ein irdischer Tag. Aber infolge der großen Nähe des Mondes zur Erde wurde unser Satellit in der Rotationsbewegung allmählich festgehalten, bis schließlich Rotations- und Revolutionsdauer übereinstimmten. Wir haben dasselbe beim sonnennächsten Planeten Merkur gesehen, der auch durch die Attraktion des Zentralgestirns in seiner Rotation festgehalten wird.

Bei der schnellen Bewegung des Mondes am Fixsternhimmel rückt er in einem Tage unter den Sternen etwas über 13 Grad nach Osten und geht deshalb mit jedem Tage etwa 50 Minuten später auf oder unter. Seine wirkliche Bahn um die Erde ist



eine Ellipse, die gegen die Erdbahn ungefähr um 5 Grad geneigt ist. Gleichzeitig erfährt die Mondbewegung durch die Anziehungswirkungen von Sonne, Erde und den übrigen großen Planeten zahlreiche bedeutsame Störungen, die gerade die Theorie der Mondbewegung zu einer außerordentlich schwierigen gestalten.

Zunächst kann man die Umlaufszeit des Mondes um die Erde oder den Monat von verschiedenen Punkten aus rechnen; man unterscheidet daher in der Astronomie fünf verschiedene Monate, von denen die drei wichtigsten der siderische, der synodische und der draconitische sind.

Die Länge des siderischen Monats beträgt 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten 12 Sekunden; die Länge des synodischen Monats 29 Tage 12 Stunden 44 Minuten 3 Sekunden, und diejenige des draconitischen Monats 27 Tage 5 Stunden 5 Minuten 34 Sekunden. Wenn man die Zeit betrachtet, in welcher der Mond nach einem Umlauf um die Erde wieder vor demselben Fixstern erscheint, also von Fixstern zu Fixstern rechnet, so ergibt sich der siderische Umlauf. Wenn man den Monat als Zeitintervall von Neumond zu Neumond rechnet, also zwischen zwei aufeinanderfolgenden gleichen Phasen, folgt der synodische Monat, der wegen des Vorrückens der Erde in ihrer Bahn der längste und zugleich für die Kalenderrechnung der wichtigste ist. Die Umlaufzeit des Mondes, die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen unseres Satelliten durch den aufsteigenden Mondknoten verfließt, nennt man den draconitischen Monat, da von den altgriechischen Astronomen die beiden Durchschnittspunkte der Mond- und Erdbahn als Drachenkopf und Drachenschwanz bezeichnet wurden. Dieser Monat ist der kürzeste.

Von der Stellung des Mondes zur Erde und Sonne hängt bekanntlich zunächst die Phasen- oder Lichtgestalt desselben ab, deren Erklärung schon den alten Astronomen bekannt war. Der Mond ist ein an sich dunkler, nahezu kugelförmiger Körper und reflektiert die Sonnenstrahlen von der jeweils der Sonne zugekehrten Seite. Steht nun der Mond, von uns aus gesehen, genau in der Richtung nach der Sonne, also in der Konjunktion mit dem Zentralgestirn, so dreht er uns seine dunkle Seite zu, wir haben „Neumond“, und der Mond ist nicht sichtbar.

Hat sich unser Satellit um 90 Grad nach Osten bewegt, so steht er in „Quadratur“ und erscheint uns als halbbeluchtete Scheibe,

die wir „Erstes Viertel“ nennen. Alsdann geht der Mond etwa Mittags auf, um Mitternacht unter und erleuchtet die erste Hälfte der Nacht.

Steht der Mond, von uns aus gesehen, entgegengesetzt zur Sonne, in der Opposition, also in der Reihenfolge: Sonne — Erde — Mond, so sehen wir seine vollbeleuchtete Scheibe. Wir haben „Vollmond“, der die ganze Nacht hindurch leuchtet.

Wenn endlich der Mond wieder nach Westen rückt und um 90 Grad von der Sonne absteht, so ist er nochmals in Quadratur und erscheint uns als halb beleuchtete Scheibe im „Zweiten Viertel“; er geht dann mitternachts auf und erleuchtet die letzte Hälfte der Nacht.

Diese soeben kurz skizzierten Erscheinungen bilden den bekannten Mondwechsel, der sich innerhalb eines synodischen Monats von 29 Tagen, 12 Stunden, 44 Minuten und 3 Sekunden vollzieht. Kurz vor und nach Neumond erscheint unser Trabant als schmale glänzende Sichel, aber wenn man näher zusieht, ist auch der dunkle Teil der Mondscheibe ganz schwach beleuchtet. Das ist das sogenannte aschgraue Licht des Mondes, das zuerst Ende des fünfzehnten Jahrhunderts von dem großen Maler und Naturforscher Leonardo da Vinci als Reflex des Erdenlichtes erklärt wurde, also als doppelt reflektiertes Sonnenlicht, da die Erde zur Neumondszeit dem Monde ihre voll erleuchtete Seite zuwendet. Neuerdings hat man auf Grund interessanter Untersuchungen gefunden, daß die Intensität des aschgrauen Lichtes verschieden ist, je nachdem die Meere oder die Kontinente auf der Erde hauptsächlich zur Reflektion des Sonnenlichtes nach dem Monde hin in Betracht kommen.

Zu besonderen Zeiten, durchschnittlich etwa viermal im Jahre, können Sonne — Erde — Mond nahezu in derselben Ebene stehen und dann treten die Finsternisse auf. Zur Zeit des Vollmondes haben wir Mondfinsternisse, d. h. während der Opposition wird der Mond verdeckt durch den von der Sonne geworfenen Erdschatten. Zur Zeit des Neumondes können nur Sonnenfinsternisse entstehen, da alsdann der Mond zwischen Sonne und Erde stehend, die Sonnenscheibe verdeckt.

Diese Finsternisse finden in der Regel jährlich etwa viermal statt, im Durchschnitt je 2 Mond- und je 2 Sonnenfinsternisse. Genau trifft dies aber nicht zu, da das Zustandekommen der Finsternisse von den scheinbaren und wahren Bewegungen des Mondes und

der Sonne abhängt. Zwischen diesen beiden Bewegungen, der Erdbewegung und Mondbewegung, gibt es eine Beziehung, die schon den Chaldäern im sechsten Jahrhundert vor Chr. genau bekannt war, der sogenannte Saroscyclus, ein Schlüssel, der aus sagt, daß 242 draconitische Monate (von Mondknoten zu Mondknoten gerechnet) gleich 18 Jahre 11 Tage sind. In dieser Periode wiederholen sich alle Finsternisse, und sie läßt sich deshalb zur Vorausberechnung identischer Finsternisercheinungen benutzen. Als Beispiele dienen die aufeinander folgenden totalen Sonnenfinsternisse: 1850 am 7. August, 1868 am 18. August, 1886 am 29. August und am 19. September 1904.

Natur und Dauer dieser Finsternisse richten sich nach Stellungen und scheinbaren Größen von Sonne und Mond. Man unterscheidet bei Sonnenfinsternissen totale, ringförmige und partielle, je nachdem der Mond die Sonne ganz oder teilweise verdeckt. Totale oder ringförmige Sonnenfinsternisse können nur wenige Minuten dauern, während partielle Sonnenfinsternisse oft mehrere Stunden anhalten.

Bei Mondfinsternissen gibt es nur totale und partielle, da der Mond durch den ihn an Größe weit übertreffenden Erdschatten hindurch geht und entweder ganz hineintaucht (totale Mondfinsternis) oder nur teilweise (partielle Mondfinsternis).

Die Größe einer Finsternis wurde von den alten Astronomen nach Zollen gemessen, eine Bezeichnung, die auch heute noch in Gebrauch ist.

Die Zeiten, in denen Sonnen- und Mondfinsternisse gefürchtet wurden, sind vorüber; aber auch beim heutigen Stande der astronomischen Wissenschaft gibt es bei totalen Verfinsterungen zwei noch nicht genügend aufgeklärte Erscheinungen, einmal die Corona bei totalen Sonnenfinsternissen und zweitens die scheinbare Vergrößerung des Erdschattens bei totalen Mondfinsternissen. Von den Betrachtungen über die Sonne wissen wir, daß es noch nicht gelungen ist, die unbekannte hellgrüne Linie im Spektrum der Corona zu identifizieren.

Ferner hat man sich viele Jahre den Kopf darüber zerbrochen, weshalb bei totalen Mondfinsternissen der Kernschatten der Erde erheblich größer erscheint als er nach den Dimensionen unseres Planeten anzunehmen ist, da die wirkliche Verfinsterung immer länger dauert als die vorausberechnete. Bereits in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts hat der deutsche Astronom

T. Mayer diesen Vergrößerungsfaktor bestimmt, der später von Hartmann neu ermittelt wurde und in den astronomischen Jahrbüchern den Daten für die Vorausberechnung einer Mondfinsternis stets beigelegt wird. Woher kommt nun diese scheinbare Vergrößerung des Kernschattens? Man neigte früher dazu, diese Schattenvergrößerung einer besonderen Wirkung der Erdatmosphäre zuzuschreiben. In neuerer Zeit hat der Münchener Astronom Seeliger eine eigenartige und wie es scheint auch zutreffende Erklärung dieses Vorgangs geben können. Durch scharfsinnige Betrachtungen an der Hand origineller Experimente mit rotierenden Scheiben, die entsprechend den Vorgängen bei Mondfinsternissen beleuchtet wurden, wies er nach, daß die Vergrößerung des Kernschattens der Erde nur eine Folge eigenartiger optisch-physiologischer Fehler der Sinneswahrnehmung ist. Im Laboratorium gelang es, dieselben Erscheinungen in ähnlichen relativen Dimensionen herzustellen wie bei totalen Mondfinsternissen am Himmel.

Damit sei die Besprechung der Finsternisse verlassen und zur Schlußbetrachtung der Mondbewegungen übergegangen. Beim Monde fallen, wie schon erwähnt, Dauer der Rotation und Revolution zusammen, sodaß unser Trabant uns immer dieselbe Seite zuwendet. Das ist nicht ganz streng richtig. Infolge scheinbarer Schwankungen des Mondes, sogenannter Librationen, bald nach der einen, bald nach der anderen Seite, bekommen wir kleine Randpartien derjenigen Mondhälfte zu sehen, die im allgemeinen von der Erde abgewandt liegt. Diese Libration des Mondes macht etwa  $\frac{1}{10}$  mehr als die Hälfte der ganzen Mondoberfläche sichtbar. Die Erklärung hierfür ist folgende. Die Achsendrehung des Mondes erfolgt völlig gleichmäßig, aber er bewegt sich nicht in einem Kreise, sondern in einer elliptischen Bahn mit ungleichförmiger Geschwindigkeit um die Erde. Da außerdem der Mondäquator, also die senkrecht zu seiner Rotationsachse stehende Ebene um etwa 5 Grad gegen seine Bahnebene geneigt ist, so entstehen, von der Erde aus gesehen, bei der Mondbewegung jene scheinbaren Schwankungen oder Librationen. Streng genommen unterscheidet man zwei Arten von Librationen, optische und physische, deren getrennte Untersuchung in neuerer Zeit mit Hilfe sehr genauer Koordinatenfestlegungen des Mondkraters Moestling gelungen ist, der fast in der Mitte der Mondscheibe liegt.



Die Libration des Mondes leitet uns unmittelbar zu den wahren Bewegungen unseres Satelliten hinüber. Die mathematische Ergründung der Mondbewegung hat die Köpfe der bedeutendsten Astronomen und Mathematiker mit Vorliebe beschäftigt und bietet auch heute noch manche ungelöste, höchst schwierige Probleme dar. In dieser Stelle kann nicht ein vollständiger Überblick über die komplizierte Mondtheorie gegeben werden, die deshalb so hohe Anforderungen an die mathematische Analyse stellt, weil bei der relativen Nähe unseres Trabanten zur Erde alle unregelmäßigen Bahnbewegungen und störenden Einflüsse von Sonne, Erde und den übrigen Planeten besonders deutlich sich erkennen lassen.

Im allgemeinen ist die Mondbahn eine Ellipse, die aber durch Störungseinwirkungen anderer Himmelskörper mit zahlreichen Ungleichheiten behaftet ist. Die wichtigsten dieser Ungleichheiten sind folgende fünf: Evektion, Variation, jährliche Gleichung, parallaxische Gleichung und sphäroidische Gleichung. Die Exzentrizität der Mondbahn erfährt periodische Änderungen, weil die Sonne zurzeit der Syzygien (Neumond oder Vollmond) eine stärkere Attraktion auf den Mond ausüben muß, als zur Zeit der Quadraturen. Diese periodische Änderung der Exzentrizität, Evektion genannt, beträgt über einen Grad und war schon außer Hipparch Ptolomäus bekannt, der sie in seinem Almagest (130 n. Chr.) als erhebliche Störung der Mondbahn schilderte.

Außer dieser Exzentrizitätsänderung bewirkt die Sonnenanziehung unmittelbar auch noch eine Verschiebung der Mondlängen von etwa  $\frac{7}{10}$  Grad. Diese als Variation bezeichnete Störung der Mondbewegung war auch den alten Astronomen bekannt, und zwar besonders den Arabern im zehnten Jahrhundert unserer Zeitrechnung. Die eigentliche wissenschaftliche Erklärung gelang allerdings erst dem bekannten dänischen Astronomen Tycho de Brahe im sechzehnten Jahrhundert.

Eine dritte Abweichung der beobachteten Mondörter von den aus der elliptischen Bewegung theoretisch berechneten wird dadurch hervorgerufen, daß die Sonnenstörungen im Winter die Mondbewegung stärker beeinflussen als im Sommer, weil im Winter das System Erde-Mond sich dem Zentralgestirn näher befindet als im Sommer. Diese als jährliche Gleichung bezeichnete Störung beträgt etwa  $\frac{2}{10}$  Grad.

Eine vierte Ungleichheit in der Mondbewegung entsteht dadurch, daß die Sonne den Neumond stärker von der Erde abzieht als den Vollmond, da im ersteren Falle (Neumond) die Distanz Sonne—Mond kleiner ist als im letzteren. Dadurch entsteht die parallaxistische Gleichung, die im Maximum etwa  $\frac{1}{20}$  Grad beträgt.

Als fünfte Ungleichheit endlich sei eine sehr kleine, etwa 7 Bogensekunden oder  $\frac{1}{550}$  Grad betragende Anomalie der Mondbewegung erwähnt, die durch die sphäroidische Gestalt der Erde, d. h. durch die Erdatplattung verursacht wird und zuerst von Laplace entdeckt wurde. Es ist interessant, daß umgekehrt gerade die genauen Mondbeobachtungen einen Rückschluß auf die Größe der Erdatplattung zu ziehen gestatten. Man hat auf diese Weise eine schöne Harmonie zwischen den Abplattungswerten aus Mondbeobachtungen und aus Vermessungen auf der Erde gefunden.

Zu all den erwähnten größeren Mondungleichheiten, von denen hier fünf geschildert sind, treten noch zahlreiche kleinere Ungleichheiten, deren Besprechung an dieser Stelle zu weit führen würde, die aber in ihrer Gesamtheit die rechnerische Beherrschung der Mondbewegung zu einer sehr schwierigen und komplizierten Aufgabe gestalten.

Wenn die Erörterungen über den Mond, die hiermit abgeschlossen seien, zusammengefaßt werden, so kann man sagen, der Mond ist das Schmerzenskind der Astronomie, weil er viele unregelmäßige Bewegungen zeigt, die mathematisch nicht streng erfaßt werden können.

Zweitens ist der Mond das Schreckenskind der Meteorologie, weil er noch immer, trotzdem die falschen Irrtümer oft widerlegt sind, als Wettermacher gilt.

Drittens kann man behaupten, daß der Mond gleichsam als Zukunftsbild der Erde ein Memento mori der Biologie unseres eigenen Planeten darstellt und die Erde wie ein „Totenkopf“ umkreist.

## Achstes Kapitel.

### Der Planet Mars.

Nächst Erde und Mond ist der Planet Mars, der vierte nach Entfernungen von der Sonne geordnet, der am besten bekannte

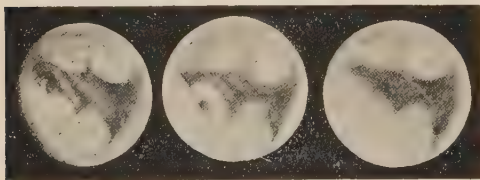
Himmelskörper. Dieser rötlich schimmernde Planet hat den Anspruch nächst der Erde überhaupt der wichtigste und interessanteste Himmelskörper zu sein, einmal hinsichtlich seiner Bewegung und zweitens mit Rücksicht auf seine Beschaffenheit. Da die Bahn des Mars unter allen Planetenläufen zufällig die stärkste Exzentrizität besitzt, also am meisten von einer Kreisbahn abweicht, hat Kepler mit sehr glücklichem Griff aus den Tycho'schen Planetenbeobachtungen gerade die Marsaufzeichnungen herausgenommen und an ihnen die bekannten Gesetze der Himmelsmechanik hergeleitet.

Der mittlere Abstand des Planeten Mars von der Sonne beträgt 227 Millionen Kilometer. Diese Entfernung schwankt wegen der beträchtlichen Exzentrizität der Marsbahn um 42 Millionen Kilometer, so daß einer Sonnennähe von 206 Millionen Kilometer eine Sonnenferne des Mars von 248 Millionen Kilometer gegenübersteht. Da der Durchmesser des Mars nur etwas über 6700 Kilometer, also etwa die Hälfte des Erddurchmessers beträgt, ist dieser Planet, abgesehen vom Merkur, der kleinste unter den Hauptplaneten. Die Oberfläche erreicht nur  $\frac{3}{10}$ , das Volumen sogar nur 0,15 der betreffenden Dimensionen des Erdkörpers. Eine Abplattung konnte bisher nicht mit voller Sicherheit gefunden werden, obwohl neuere theoretische Untersuchungen eine solche etwas größer als die Erdadplattung, ungefähr  $\frac{1}{200}$ , wahrscheinlich machen.

Die Marsmasse die früher nur aus Störungen auf den Lauf der benachbarten Erde ziemlich ungenau bestimmt wurde, ist seit der im Jahre 1877 erfolgten Entdeckung zweier Satelliten mit großer Sicherheit ermittelt. Die Kenntnis der Bahnen dieser merkwürdigen und interessanten Marsmonde hat für die Masse des Hauptplaneten mit großer Genauigkeit den Wert von etwa  $\frac{1}{300\,000}$  der Sonnenmasse, also ungefähr  $\frac{1}{10}$  der Erdmasse ergeben. Nimmt man hierzu das bekannte Volumen (0,15 des Erdvolumens), so erhält man als mittlere Dichtigkeit — Masse dividiert durch Volumen — für den Marskörper etwa  $\frac{7}{10}$  der Erddichte. Die Erddichte ist 5,5, bezogen auf Wasser, und die Marsdichte daher viermal so groß wie die des Wassers. Entsprechend der geringeren Masse ist auch die Schwerkraft auf dem Mars wesentlich kleiner als bei uns; sie beträgt kaum  $\frac{4}{10}$  der irdischen. Auf der viel geringeren Schwerkraft des Mars baut sich ein bekannter und sehr interessanter Roman von Kurt Laßwitz

„Zwischen zwei Planeten“ auf, der nach Jules Vernescher Art die Verhältnisse auf unserem Nachbarplaneten schildert. Der Verfasser denkt sich eine Verbindung zwischen Mars und Erde und schildert die Gefühle eines Marsbewohners, der auf die Erde kommt, sowie eines Erdbewohners auf dem Mars. Letzterer wird, wegen der auf dem Mars viel geringeren Schwerkraft in der Luft herumfliegen können, während der Marsbewohner, der auf die Erde kommt, nur wie ein Käfer auf der Erde kriechen kann, durch die viel größere Schwerkraft niedergedrückt.

Von der Erde aus gesehen erscheint Mars als heller Stern erster Größe mit ruhigem Licht und auffallend roter Färbung.



Marssoberfläche mit Veränderungen in dem Gebiete der Tharsis.

Bei der starken exzentrischen Bahn schwankt die Entfernung dieses Planeten zwischen sehr weiten Grenzen; in der Erdnähe (bei der Opposition des Mars) beträgt sie 55 Millionen Kilo-

meter und in der Erdferne (Konjunktion des Mars) 400 Millionen Kilometer. Entsprechend verändern sich auch die scheinbaren Durchmesser sehr bedeutend, im Maximum erscheint Mars uns als ein Scheibchen von 26 Bogensekunden, im Minimum als ein solches von nur 4 Bogensekunden Durchmesser. Naturgemäß ist die teleskopische Untersuchung des Mars, der große Ähnlichkeit mit unserer Erde zeigt, am vorteilhaftesten zur Zeit der Opposition, wenn er der Erde am nächsten steht und den größten Durchmesser aufweist. Die wichtigsten Entdeckungen sind daher auf der Marsoberfläche auch gerade zur Zeit der Oppositionen gemacht worden, 1877, 1879, 1881, 1890, 1892, 1894 usw.; zuletzt 1911.

Seinen Umlauf um die Sonne vollendet Mars in 687 Tagen oder zwei Erdjahren (julianischer Rechnung) weniger 43 Tagen. Sehr genau bekannt ist außer der Revolutionszeit auch die Rotationsdauer des Mars. Sie wurde schon in der ersten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts aus den scheinbaren Veränderungen seiner Oberflächenflecke erkannt, und jetzt weiß man,



daß die Rotationsdauer des Mars 24 Stunden 37 Minuten 5 Sekunden beträgt, also nur etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde länger dauert, als die Achsendrehung unserer Erde. Daher sind die Tageszeiten auf beiden Planeten sehr nahe gleich; aber nicht nur auf die Tageszeiten, sondern auch auf die Jahreszeiten erstreckt sich diese Ähnlichkeit. Die Neigung der Marsrotationsachse gegen die Bahnebene jenes Planeten beträgt 24,8 Grad oder nur wenig mehr als die Neigung des Erdäquators gegen die Ekliptik ( $23\frac{1}{2}^{\circ}$  = Schiefe der Ekliptik). Auf dem Mars gestaltet sich daher die Verteilung der klimatischen Zonen ähnlich wie auf der Erde. Außerdem müssen die Jahreszeiten einen ähnlichen, aber doppelt so langen Verlauf haben wie bei uns. Wenn man solche Betrachtungen weiterspinnt, darf man nicht außeracht lassen, daß Mars erheblich weiter von der Sonne entfernt ist als die Erde und daher eine viel geringere Sonnenwärme empfängt. Man nimmt die Mitteltemperatur auf dem Erdkörper zu etwa + 9 Grad Celsius an, während man für Mars dieselbe auf — 9 Grad Celsius festzusetzen geneigt ist. Dazu kommt noch, daß die Atmosphäre unserer Nachbarplaneten nicht nur arm an Wasserdampf, sondern auch nicht unwesentlich dünner als die Lufthülle der Erde zu sein scheint.

Im Zusammenhang mit der erheblich geringeren Sonnenwärme und der wesentlich dünneren Atmosphäre können viel gewaltigere Temperaturkontraste zwischen Tag und Nacht sowie zwischen Sommer und Winter auf dem Mars auftreten als bei uns. Es ist sogar die Vermutung geäußert worden, daß die Temperatur in den Polargegenden des Mars während der langen jeweiligen Winternächte bis auf den absoluten Nullpunkt sinkt, also auf — 273 Grad Celsius. Wenn das der Fall wäre, hätte man es bei den alsbald zu betrachtenden und genau beobachteten Polarkappen nicht mit Schneefeldern, sondern vielleicht mit Erstarrungsprodukten von Kohlensäure und anderen Gasen zu tun, die bei ganz tiefen Temperaturen auch wie Schnee aussehen.

Wir wollen jedoch dieses Gebiet der Hypothesen verlassen und die Ergebnisse topographischer Untersuchungen der Marsoberfläche auf Grund genauerer Messungen schildern.

Mars ist als Nachbarplanet unserer Erde von jeher eines der interessantesten Objekte am Himmel gewesen, und man hat auf seiner Oberfläche schon mit verhältnismäßig kleinen Fernrohren helle und dunkle Flecken, markante Gebiete, die nicht der

Atmosphäre, sondern der Oberfläche des Planeten selbst angehören, erkannt. Es ist also nicht zu verwundern, daß die Astronomen schon bald nach Erfindung des Fernrohrs der Marsbeschreibung oder „Areographie“ besondere Aufmerksamkeit zuwandten. Von dem ersten Marsbeobachter Fontana aus dem Jahre 1636 bis zur Mitte des neunzehnten Jahrhunderts, wo die Blüte der Marserforschung beginnt, liegen über 400 verschiedene Abbildungen unseres Nachbarplaneten vor, deren Zahl sich gegenwärtig bis weit über 1000 erhöht hat.

Schon 1716 hat Maraldi weiße und unregelmäßig geformte Flecken in den Polarzonen des Mars wahrgenommen. Diese Polarflecken gehören unstreitig zu den interessantesten unter den sicher konstatierten Marsgebilden. Sie erfahren, wie zuerst W. Herschel fand, periodische Vergrößerungen und Verkleinerungen im Zusammenhange mit dem Verlauf der Marsjahreszeiten. Etwa drei Monate nach dem Winter des betreffenden Poles sind die Flecken ähnlich wie in unseren arktischen oder antarktischen Regionen am ausgedehntesten; sie reichen dann vom Pol herab bis zum 70. Grade areographischer Breite. Sobald der Sommer eintritt, schmelzen die weißen Flecken rasch ab und zwar in viel größerem Umfange als unser Polareis. Es ist schon mehrmals vorgekommen, daß während eines Sommers auf der südlichen Marshalbkugel der zugehörige Polarfleck vollständig verschwunden war. Auch am Marsnordpol sind sehr merkwürdige Schmelzvorgänge des Polarflecks während des nördlichen Sommers wahrgenommen worden. Der weiße arktische Fleck liegt fast zentrisch um den Pol gelagert, in einem gelblich gefärbten, höchstwahrscheinlich kontinentalen Gebiete. Sobald dieser Fleck abschmilzt, wird er von einer dunklen Zone umgeben, und diese Verdunklung breitet sich nach Art von Überschwemmungen innerhalb der umgebenden gelben Regionen aus. Zugleich nehmen die auf der nördlichen Marshalbkugel liegenden Seen eine dunklere Färbung an. Früher nur schwach angedeutete Kanäle werden deutlich sichtbar, und diese ganze Erscheinung hält so lange an, bis der nördliche Polarfleck auf ein Minimum zusammengeschmolzen ist. Wächst dieser Fleck mit eintretendem Winter wieder, so erhalten auch die umgebenden gelben Regionen ihr normales Aussehen zurück.

Das sind interessante und merkwürdige Wahrnehmungen, die nicht in das Gebiet der Hypothese gehören, sondern den be-

deutendsten neueren Marsforschern gelangen, einem Schiaparelli, Campbell, Perrotin und Lowell. Es ist daher kein Wunder, wenn Laien und manchmal auch Sachastronomen sich mehr oder weniger geistreichen Träumereien über etwaige Marsbewohner auf jenem der Erde so ähnlichen Planeten hingeben. Es handelt sich aber hierbei weniger um astronomische, als vielmehr um naturphilosophische Fragen, deren Lösung die Astronomie nicht zu geben vermag. Wer kann wissen, ob organisches Leben auf dem Mars oder auf anderen Himmelskörpern überhaupt an dieselben oder an ähnliche Existenzbedingungen wie bei uns gebunden ist. Diese ganze Spekulation über die Bewohnbarkeit anderer Welten ist daher, so interessant sie sein mag, für den exakten Naturforscher ziemlich unfruchtbar.

Kehren wir zur Topographie des Planeten Mars zurück! Nachdem Ende des 18. Jahrhunderts der eifrige Planetenbeobachter Schröter sich mit Marsstudien beschäftigt hatte, gelang es erst Mitte des 19. Jahrhunderts den von der Mondforschung her bekannten Astronomen Beer und Mädler, eine erste eigentliche Marskarte herzustellen, auf der die gegenseitige Lage einiger Hauptflecken nach Messungen festgelegt war. Eine ganz neue und bedeutsame Epoche in der Areographie datiert vom Jahre 1877, wo es dem Mailänder Astronomen Schiaparelli mit rastlosem Eifer, außergewöhnlichem Geschick und einem wunderbaren Auge für Beobachtungen im Fernrohr gelang, eine Marskarte herzustellen, die noch heute für die beste gilt. Die Bezeichnungen für die einzelnen Gebiete auf dem Mars sind zumeist der alten Geographie entlehnt worden. Es gibt nach Schiaparelli auf dem Mars ähnlich wie bei uns Ozeane und Kontinente, aber im umgekehrten Verhältnisse wie auf der Erde. Während die Erde  $\frac{3}{4}$  Wasser und  $\frac{1}{4}$  Festland enthält, besteht die Marsoberfläche zu  $\frac{1}{3}$  aus Ozeanen und zu  $\frac{2}{3}$  aus Kontinenten. Zugleich hat Schiaparelli gezeigt, daß die Kontinente auf dem Mars mit einem Netz feiner Streifen, mit sogenannten Kanälen, durchsetzt sind, einige über 40 Kilometer breit. Diese Kanäle sind nach Schiaparelli auch von Perrotin in Nizza, von Campbell auf der Lick-Sternwarte in Amerika u. a. mit den größten Fernrohren festgestellt worden; sie münden fast alle in größere dunkle Flecken, die wahrscheinlich Wasserbecken darstellen.

Außerdem hat zuerst Schiaparelli auf das zeitweilige Erscheinen hellglänzender Punkte an der Oberfläche des Mars aufmerk-

sam gemacht, die höchstwahrscheinlich hohe Bergketten auf jenem Planeten darstellen.

Endlich verdanken wir der ungewöhnlich scharfen Auffassung von Schiaparelli noch eine sehr merkwürdige Entdeckung auf dem Mars, die wahrhaft kosmopolitische Phantasien einer Weltverbrüderung zwischen der Erde und unserem Nachbarplaneten hervorgezaubert hat. Es ist dies die immer noch rätselhafte Erscheinung einer zeitweisen Verdoppelung der nahezu gradlinigen Marskanäle, für die eine befriedigende Erklärung bisher noch nicht gefunden wurde. Nach neueren Untersuchungen muß man sich darüber klar sein, daß auf die große Entfernung des Planeten Mars von der Erde hin vielfach Gebilde, die gar nicht gradlinig zu sein brauchen, selbst in der Photographie als gerade Linien erscheinen.

Zum Abschluß dieser Betrachtungen seien noch die Monde unseres Nachbarplaneten erwähnt. Im August 1877 hat der nordamerikanische Astronom Hall in Washington mit dem damals größten Fernrohr der Erde die beiden Marsmonde entdeckt, die wie Sternchen 12. Größenklasse leuchten, kleine Trabanten, die Phobos und Deimos, als Begleiter des Kriegsgottes Mars, genannt wurden. Der innere, dem Mars am nächsten stehende Mond Phobos, ist ein sehr schwierig wahrzunehmendes Himmelsobjekt, der äußere Satellit Deimos dagegen kann sogar in Fernrohren mittlerer Größe gesehen werden. Beide Monde sind so klein, daß ihr Durchmesser nur etwa 20 Kilometer beträgt. Sie stellen überhaupt die kleinsten permanenten Himmelskörper dar, die wir kennen. Am merkwürdigsten ist aber ihr geringer Abstand vom Mars und im Zusammenhang damit ihre kurze Umlaufzeit um den Planeten. Der innere Trabandt, vom Marszentrum nur etwas über 9000 Kilometer entfernt, umkreist seinen Planeten in etwa  $7\frac{1}{2}$  Stunden; der äußere Mond, vom Hauptplaneten 23 000 Kilometer abstehend, umläuft ihn in etwa  $30\frac{1}{4}$  Stunden. Zugleich ist der innere Marsmond rückläufig, d. h. er geht für einen Beobachter auf dem Mars im Westen statt im Osten auf.

Jedenfalls ist unser Nachbarplanet mit seinen Monden eines der interessantesten Himmelsobjekte und bietet der astronomischen Forschung noch viele ungelöste Rätsel.

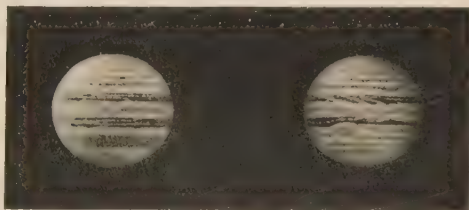


## Neuntes Kapitel.

## Der Planet Jupiter.

Mit Mars ist die Gruppe der mittleren Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars) abgeschlossen. Eigentlich kämen jetzt die Planetoiden, deren Bahnen hauptsächlich zwischen Mars und Jupiter liegen; dieselben sollen jedoch erst später besprochen werden, da sie nicht in den Rahmen der großen Planeten gehören.

Die Gruppe der großen bzw. äußeren Planeten eröffnet Jupiter, dessen Masse allein über dreimal diejenige aller anderen Planeten zusammengenommen übertrifft. Aus diesem Grunde hat man Jupiter auch den zweiten Hauptkörper unseres Sonnensystems genannt; rührt doch von ihm der größte Teil aller Störungen her, die auf die Bewegung der Planeten, Planetoiden und



Jupiteroberfläche.

vieler Kometen ausgeübt werden. Wegen dieser besonderen Attraktionswirkungen ist die genaue Kenntnis der Jupitermasse, von der die Störungen ausgehen, für die Himmelsmechanik von größter Wichtigkeit. Newton, Laplace und Gauß hatten sich schon bemüht, diese Masse aus den Bewegungen der damals bekannten vier Jupitersatelliten, aus den Saturnstörungen und aus den Abweichungen in den Bahnen gewisser kleiner Planeten herzuleiten, ohne übereinstimmende Werte zu erzielen. Erst in neuerer Zeit gelang es Newcomb, einen sehr genauen Wert für die Jupitermasse aus den Bahnen der Jupitersatelliten, aus Störungen auf Saturn und die kleinen Planeten Themis und Polyhymnia sowie aus den Bahnbewegungen der periodischen Kometen Faye und Winnecke zu gewinnen. Newcomb fand die Jupitermasse sehr genau zu  $\frac{1}{1047.35}$  der Sonnenmasse.

Der mittlere Durchmesser des Jupiter beträgt 137 000 Kilometer, ist also etwa elfmal so groß wie derjenige unserer Erde. Der Jupiter hat ferner eine sehr große Abplattung von  $\frac{1}{14}$ , wäh-

rend die Erdbabplattung nur  $\frac{1}{299}$  beträgt. Wegen dieser großen Abplattung übertrifft der äquatoriale Durchmesser beim Jupiter den polaren um volle 9000 Kilometer (auf der Erde etwa 22 Kilometer). Die Dichtigkeit der großen Jupitermasse beträgt nur  $\frac{1}{4}$  der Erddichte (5,5), also etwa 1,4 oder nur etwas mehr als das spezifische Gewicht von Wasser. Es ist interessant, daß alle großen Planeten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun eine geringe Dichtigkeit haben, die derjenigen der Sonne ähnlich ist.

Schon die große Abplattung weist auf eine sehr schnelle Rotation des Planeten Jupiter hin, die sich in ungefähr  $9\frac{3}{4}$  Stunden vollzieht, wobei ähnlich wie bei der Sonne Teile nahe dem Äquator schneller rotieren als die übrigen Regionen des Jupiter. Die genaue Ermittlung der Jupiterrotation stößt daher auf dieselben Schwierigkeiten wie bei der Sonne, weil die auf jenem, noch glühenden Planeten, wahrnehmbaren Fleckengebilde, abgesehen von der regelmäßigen Rotation, auch noch eigene Bewegungen zeigen.

Jupiter durchläuft in einem mittleren Abstand von 780 Millionen Kilometer von der Sonne seine elliptische Bahn in etwa 12 Erdjahren. In der Opposition (z. B. 1912 Juni) kommt er der Erde bis auf 580 Millionen Kilometer nahe und entfernt sich von ihr in der Konjunktion bis auf 960 Millionen Kilometer. Infolgedessen schwankt sein scheinbarer Durchmesser zwischen 51 Bogensekunden in Erdnähe und 31 Bogensekunden in Erdferne. Dem bloßen Auge ist Jupiter erkennbar an seinem intensiv hellgelb schimmernden ruhigen Lichte. Er ist nächst Venus der hellste Planet am Himmel, dessen vier große, schon von Galilei entdeckte Satelliten in ganz kleinen Fernrohren sichtbar sind.

Nächst Sonne, Mond und Mars ist Jupiter von sämtlichen Himmelskörpern am sorgfältigsten auf seine Oberflächenbeschaffenheit untersucht worden, die auch erhebliches kosmogonisches Interesse bietet. Wie der Mond gewissermaßen das Zukunftsbild unserer Erde nach immer weiter fortschreitender Erstarrung darstellt, wie Mars als ein unserer Erde ähnlicher Himmelskörper aufzufassen ist, so bietet Jupiter ein Bild der Vergangenheit unseres Planeten, das an den feurig-flüssigen Anfangszustand mahnt.

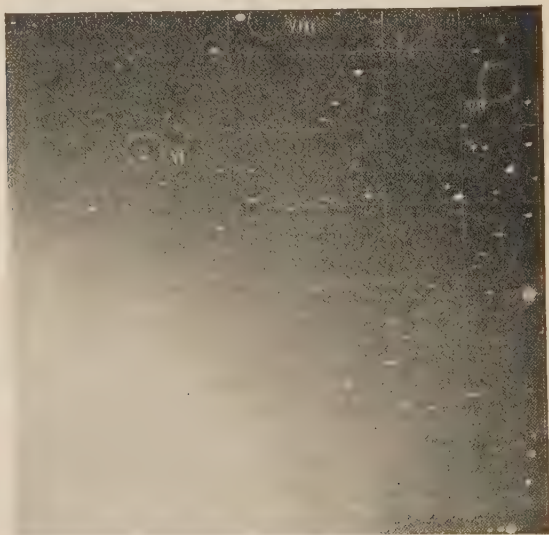
Das Aussehen der Jupiteroberfläche verändert sich schon in kurzen Zeiträumen vollständig. Zu Beginn des siebzehnten Jahrhunderts wurden auf dem Jupiter bereits zahlreiche helle

und dunkle Streifen gesehen, die sich in Richtung des Äquators erstrecken. Diese dem Äquator parallelen Streifen können als charakteristische Merkmale der Jupiterscheibe gelten und sind, wie neuere Untersuchungen zeigen, von sehr verwickelter Struktur. Sie setzen sich aus Schichten zusammen, die von Strömungen und Eruptionen herrühren und so schnell sich verändern, daß gelegentlich sogar in zwei aufeinanderfolgenden Nächten die Oberfläche Jupiters ein ganz verschiedenes Aussehen im Fernrohr bietet.

Charakteristisch ist auch die rötliche Färbung dieser wolkenähnlichen Gebilde auf dem Jupiter; manchmal, wie im Jahre 1878, ist diese Färbung so intensiv, daß besonders auf der Südhemisphäre des Jupiter große ovale grellrote Flecke sichtbar werden. Diese Wahrnehmungen zeigen, daß man es beim Jupiter noch mit einem feurig-flüssigen Planeten zu tun hat, dessen Oberfläche von Dämpfen und wolkenähnlichen Formationen bedeckt wird und dessen Inneres zugleich der Sitz einer lebhaften, durch hohe Wärme bedingten Eruptionstätigkeit sein muß. Der heißglühende Kern des Planeten wird umgeben von einer mächtigen Hülle dichter Gase oder Dämpfe, in denen sich äußerst energische Eruptionen entwickeln. Für die Existenz einer dichten Jupiteratmosphäre sprechen verschiedene Tatsachen. Einmal erscheint die Jupiterscheibe wie die Sonnenscheibe in der Mitte heller als an den Rändern, eine Folge von Absorption der Atmosphäre. Dann tritt bei Fixsternbedeckungen durch den Jupiter eine allmähliche Lichtabnahme im Gegensatz zur Sternbedeckung beim Monde auf, und endlich läßt sich aus spektroskopischen Untersuchungen auf Absorptionsstreifen schließen, die der Atmosphäre jenes Planeten angehören dürften.

Zum Schluß dieser kurzen Betrachtungen sei noch ein Blick auf das System der Jupitersatelliten geworfen. Es sind jetzt acht Trabanten des Jupiter bekannt, von denen die vier hellsten schon 1610 von Galilei entdeckt wurden, als erste Leistung seines kleinen selbstkonstruierten Fernrohrs. Die Auffindung des fünften Jupitermondes, der dem Planeten äußerst nahe steht und sehr lichtschwach ist, gelang 1892 auf der nordamerikanischen Lick-Sternwarte durch Barnard. Dann wurden in den letzten Jahren noch drei weitere schwächere Monde des Jupiter auf photographischem Wege gefunden, deren Bahnen jetzt gut bekannt sind. Die vier hellsten Satelliten haben ungefähr die Dimen-

sionen unseres Erdmondes. Den Beobachtungen ihrer Verfinsterungen durch Jupiter verdankt man die erste astronomische Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit nach Untersuchungen von Olaf Römer. Aus den Verspätungen zwischen dem vorausgerechneten und dem beobachteten Eintritt eines Jupitermondes



Photographie der drei letzten Jupitermonde.  
VI., VII. und VIII. Mond.

in den Schattenkegel des Planeten läßt sich nämlich die Zeit berechnen, die das Licht gebraucht, um die Distanz Jupiter—Erde zu durchlaufen (300 000 Kilometer in der Sekunde).

## Zehntes Kapitel.

### Die Planeten Saturn, Uranus und Neptun.

An sechster Stelle von der Sonne steht der zweitgrößte Planet unseres Sonnensystems, Saturn, der mit seinen Ringen und mit der bis jetzt auf zehn angewachsenen Trabantenschaar wohl das eigentümlichste Himmelsobjekt bildet. Saturn leuchtet in



mattgelbem Lichte wie ein Stern erster Größe. Sein Abstand von der Sonne beträgt im Mittel 1400 Millionen Kilometer; seine ziemlich stark elliptische Bahn um den Zentralkörper durchläuft er in  $29\frac{1}{2}$  Jahren, wobei seine Entfernung von der Erde zwischen 1200 und 1650 Millionen Kilometer schwankt. Dementsprechend ändert sich auch sein scheinbarer Durchmesser von 21 Bogensekunden in der Erdnähe auf 15 Bogensekunden in der Erdferne. Die Saturnmasse beträgt  $\frac{1}{3500}$  der Sonnenmasse und die Dichtigkeit nur  $\frac{1}{8}$  der Erddichte. Überhaupt kann Saturn, abgesehen von den Kometen, als leichtester Himmelskörper unseres Sonnensystems gelten, da seine Dichtigkeit kaum die doppelte des Korkholzes ist. Ähnlich wie Jupiter weist gleichfalls Saturn eine sehr schnelle Rotation auf, er dreht sich in  $10\frac{1}{4}$  Stunden um seine Achse und dementsprechend ist auch die Abplattung sehr groß. Sie beträgt  $\frac{1}{10}$ , so daß dieser Planet einen äquatorialen Durchmesser von 118 000 Kilometer und einen polaren von 106 000 Kilometer besitzt. Die Rotationszeit ergibt sich kürzer aus den äquatorialen Teilen des Saturn, ebenso wie bei Jupiter und Sonne, als aus den höher gelegenen Gebieten dieses Planeten. Auch hinsichtlich der physischen Beschaffenheit walten ziemlich große Ähnlichkeiten zwischen Saturn und Jupiter ob. Allerdings stoßen die Untersuchungen beim Saturn auf viel größere Schwierigkeiten, weil jener Planet etwa doppelt so weit von Sonne und Erde absteht als Jupiter. Er ist daher viel schwächer beleuchtet und erscheint in viel kleineren Dimensionen. Dennoch hat man auf dem Saturn helle und dunkle Streifen erkennen können, die sich in äquatorialer Richtung erstrecken und zeitweilig bedeutenden Veränderungen unterliegen. Spektroskopische Beobachtungen lassen auf eine ziemlich dichte Atmosphäre schließen, deren Zusammensetzung ähnlich wie beim Jupiter sein dürfte.

Die merkwürdigste Erscheinung am Saturn und vielleicht überhaupt das seltsamste Phänomen am ganzen Himmel ist das Ringsystem, welches den Planeten konzentrisch umgibt. Schon Mitte des siebzehnten Jahrhunderts erkannte Huygens das um die Saturnkugel freischwebende Gebilde als Ringsystem. Einige Jahrzehnte später sah Cassini eine dunkle Trennungslinie im Ringsystem und konstatierte damit das Vorhandensein zweier konzentrischer Ringe. 1850 entdeckte Bond eine zweite Teilung, so daß in Wirklichkeit drei konzentrische Ringe in einer Ebene liegen. Die Breite des äußeren Ringes beträgt 16 000 Kilo-

meter, die des mittleren 29 000 Kilometer und die Breite des inneren Ringes, der dem Saturnkörper am nächsten liegt, 16 000 Kilometer. Die Dicke der Saturnringe ist so gering, daß sie sich nicht direkt messen läßt. Aus dem Einfluß auf die Bewegung der Saturntrabanten hat man die Dicke der Ringe theoretisch zu etwa 25 Kilometer geschätzt.

Diese sehr großen, außerordentlich dünnen Ringe behalten ihre Neigung von etwa 28 Grad gegen die Elliptik während eines ganzen Saturnumlaufs um die Sonne bei. Das Ringsystem muß daher, von der Erde aus gesehen, während einer Revolution des Saturn (29 Jahre) je zweimal als schmaler Lichtstreifen erscheinen und je zweimal mit weit geöffneten Ringen sichtbar werden. Aus perspektivischen Gründen kann sogar für den Beobachter von der Erde das Ringsystem gelegentlich ganz unsichtbar werden, nämlich wenn die Ebene der Ringe mit der Erdbahnebene zusammenfällt.

Was wissen wir von der Beschaffenheit dieser merkwürdigen Ringe? Laplace hat auf Grund sehr scharfsinniger Berechnungen gezeigt, daß ein homogenes, gleichförmiges Ringsystem, welches den Planeten umgibt, nicht im Zustande stabilen Gleichgewichts beharren kann, vielmehr durch die geringste äußere Kraftwirkung, z. B. durch Anziehung eines Satelliten, auf den Planeten stürzen müßte. Laplace folgerte daraus, daß die Saturnringe weder ein homogenes festes, noch ein flüssiges System bilden, und diese Anschauung ist später von Maxwell und Keeler überzeugend weiter entwickelt worden. Man muß annehmen, daß die Ringe Wolken kleinster, durch minimale Zwischenräume getrennter Körper darstellen, die aus der Entfernung, ähnlich wie getrennte winzige Wasserbläschen einer Wolke, den Eindruck eines zusammenhängenden Massensystems hervorrufen. Diese theoretisch hergeleitete Anschauung hat auch in der Praxis eine wertvolle Bestätigung erfahren, da neuere photometrische Messungen über die Helligkeitsänderungen der Saturnringe sich nur auf jene Weise erklären lassen. Zum Schluß noch einige Worte über die Monde des Saturn. Die Entdeckung dieser Saturntrabanten ist eine sehr langsame gewesen. 1655 fand Huygens den sechsten Satelliten Titan; 1720 entdeckte Cassini den dritten, vierten, fünften und achten Mond, Thetis, Dione, Rhea und Iapetus; 1789 fand Herschel den ersten und zweiten Mond, Mimos und Enceladus; 1848 hat Bond den siebenten Mond

entdeckt, der den Namen Hyperion trägt. Vor einigen Jahren wurden der neunte und neuerdings auch der zehnte Mond auf photographischem Wege gefunden; sehr schwache Trabanten, weniger leuchtend als Sterne der sechzehnten Größenklasse. Die Bahnen dieser Saturntrabanten kennt man jetzt hinreichend genau, über ihre Größenverhältnisse und Massen jedoch weiß man auch heute nur sehr wenig. —

Je weiter wir uns im Planetensystem von Erde und Sonne entfernen, um so weniger wissen wir über die Beschaffenheit der betreffenden Planeten. Das trifft besonders für die beiden, bis jetzt äußersten Wandelsterne unseres Sonnensystems, Uranus und Neptun, zu.

1781 entdeckte Wilhelm Herschel, der seine großen Spiegelteleskope selbst baute, in einem Gestirn sechster Größenklasse den Planeten Uranus. Die Scheibe dieses Planeten hat einen Durchmesser von rund 5 Bogensekunden und schimmert, im Fernrohr betrachtet, mit grünlicher Färbung. In einer neunzehnmal so großen Entfernung von der Sonne wie die Erde durchläuft Uranus mit vier Trabanten seine fast kreisförmige Bahn in 84 Jahren. Das Licht gebraucht, um vom Uranus zur Erde zu gelangen, über  $2\frac{1}{2}$  Stunden, da Uranus von der Erde etwa 2850 Millionen Kilometer absteht. Es kann daher nicht Wunder nehmen, wenn wir außer von seiner Bewegung nur wenig von diesem Planeten wissen. Sein Volumen übertrifft das der Erde 92 mal, seine Masse die der Erde nur 15 mal. Infolgedessen ist die Dichtigkeit des Uranus eine sehr geringe und beträgt nur  $\frac{1}{6}$  der Erddichte oder etwas weniger als das spezifische Gewicht des Wassers. Von diesem Planeten aus, der wie Jupiter und Saturn noch feurig-flüssig ist, erscheint die Sonne nur als Scheibchen von 2 Bogenminuten Durchmesser (bei uns als Scheibe von 32 Bogenminuten), also etwa doppelt so groß wie von uns gesehen die Venus. Man kann sich daher vorstellen, wie wenig von den Wohltaten der Wärme- und Lichtstrahlen unseres Zentralkörpers bis zum Uranus gelangt.

Von der Rotation und Abplattung des Uranus wissen wir nichts sicheres (etwa 11 Stunden und  $\frac{1}{15}$ ); dagegen zeigen spektroskopische Messungen des Uranuslichtes, ähnlich wie beim Jupiter und Saturn, starke Absorptionsbänder im roten Teile des Spektrums, die auf eine ziemlich beträchtliche Atmosphäre hinweisen.

Die vier Uranustrabanten, die den Planeten in neun bis

vierzehn Tagen umlaufen, wurden zu ganz verschiedenen Zeiten entdeckt. Zwei davon fand Wilhelm Herschel im Jahre 1787; die beiden anderen, äußerst lichtschwachen Trabanten, etwa von der sechzehnten Größenklasse wurden 1846 von Lassell entdeckt. Diese vier Uranusmonde, Titania, Oberon, Ariel und Umbriel, haben eine merkwürdige Verschiedenheit von den Satelliten der übrigen Planeten. Sie weisen nicht wie alle anderen Trabanten eine geringe Neigung von wenigen Graden gegen die Ekliptik auf, sondern bewegen sich nahezu senkrecht zur Ebene derselben.

Jetzt kommen wir zum letzten Planeten unseres Sonnensystems, zu Neptun. Erst sechs Jahrzehnte, nachdem Herschel den Planeten Uranus gefunden hatte, gelang es, die Grenzen unseres Sonnensystems, welches für Jahrtausende mit dem Saturn abgeschlossen schien, noch um 10 Erdbahnradien durch die Entdeckung des Neptun zu erweitern. Die Auffindung dieses Himmelskörpers ist nicht wie die des Uranus zufällig geschehen. W. Herschel hatte mit seinem Spiegelteleskop den Himmel durchsucht und dabei den Uranus gefunden. Die Entdeckung des Planeten Neptun dagegen geschah auf rein rechnerischem Wege und kann als ein glänzender Triumph der modernen Astronomie angesehen werden. Hauptsächlich nach den Berechnungen von Leverrier über die Störungswirkungen, die die Uranusbahn erfuhr, wurde Neptun durch scharfsinnige Analyse gefunden. Im Jahre 1846 schickte Leverrier die Ergebnisse seiner Berechnungen nach Berlin, und auf der Berliner Sternwarte fand Galle 1846 den Planeten Neptun dicht bei der theoretisch von Leverrier vorausberechneten Stelle als Gestirn achter Größenklasse, mit einem Scheibchen von nur 2 Bogensekunden.

Neptun steht in mittlerer Entfernung von der Sonne 4490 Millionen Kilometer ab, also in dreißigfacher Entfernung der Erde vom Zentralgestirn, und vollendet seinen Umlauf um die Sonne in 165 Jahren. Die Masse des Neptun beträgt das sechzehnfache der Erdmasse; seine Dichtigkeit aber nur  $\frac{1}{5}$ , ist also ungefähr gleich derjenigen des Uranus.

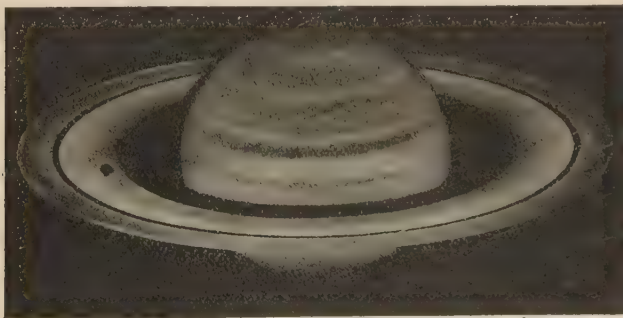
An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß, wenn man die Dichtigkeiten der Sonne und der Planeten miteinander vergleicht, sehr merkwürdige Ergebnisse zutage treten. Nimmt man die Erddichte = 1,0, so ergibt sich folgende Zusammenstellung:



Die Dichtigkeit der Sonne beträgt 0,25

"	"	"	Merkur	"	0,7
"	"	"	Venus	"	0,8
"	"	"	Erde	"	1,0
"	"	"	Mars	"	0,7
"	"	"	Jupiter	"	0,2
"	"	"	Saturn	"	0,15
"	"	"	Uranus	"	0,15
"	"	"	Neptun	"	0,2

Die Planeten teilen sich also in zwei verschiedene Gruppen. Einmal zeigen die der Sonne näherstehenden mittleren Planeten



Saturn.

ungefähr der Erddichte gleiche Werte. Die vier äußeren großen Planeten dagegen, die sich zuerst von der Sonne loslösten und noch im feurig-flüssigen Zustande sich befinden, stimmen mit der Sonnendichte überein.

Doch kehren wir zum Neptun zurück. Neuere Untersuchungen über das Spektrum dieses Planeten lassen auf Ähnlichkeit mit dem Uranus-Spektrum und auf eine Atmosphäre schließen.

Beim Neptun, der in matt-bläulichem Lichte schimmert, ist bisher nur ein Trabant gefunden worden; 1847 entdeckte Lassell ein Sternchen vierzehnter Größenklasse dicht beim Neptun. Dieser Neptunsatellit hat sehr merkwürdige Eigenschaften, da seine Bewegung im rückläufigen Sinne stattfindet und mit solcher Geschwindigkeit sich vollzieht, daß er seine Bahnebene schon in  $5\frac{3}{4}$  Tagen durchläuft.

## Elftes Kapitel.

## Die kleinen Planeten.

Auf unserer Wanderung durch das Planetensystem haben wir eine ganze Gruppe von Himmelskörpern ausgelassen, die kleinen Planeten, Asteroiden oder auch Planetoiden genannt, eine Schar permanenter Mitglieder unseres Sonnensystems, die an Zahl sehr bedeutend, an Masse aber äußerst gering sind und aus dem Rahmen der anderen Planeten ziemlich herausfallen. Man glaubte früher, daß die Planetoiden, jetzt etwa 750 an der Zahl, die große Lücke zwischen Mars und Jupiter ausfüllten. Aber die im Jahre 1898 zu Berlin auf der Urania-Sternwarte vollzogene Entdeckung des kleinen Planeten Eros und spätere Entdeckungen klärten darüber auf, daß die Bahnen der Planetoiden den ihnen früher angewiesenen Raum zwischen Mars und Jupiter nicht innehalten, sondern auch diesseits vom Mars und jenseits vom Jupiter liegen.

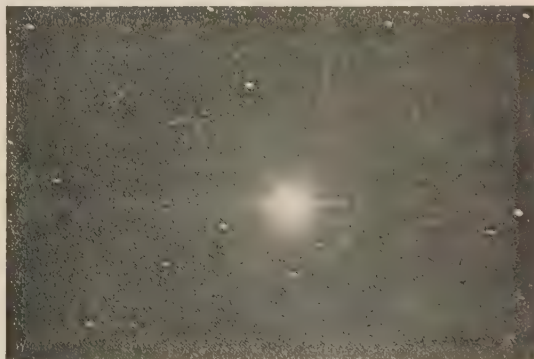
Der erste kleine Planet wurde am ersten Tage des neunzehnten Jahrhunderts (1. Januar 1801) von Piazzi in Palermo als teleskopischer Stern achter Größenklasse gefunden. Es war der Planetoid Ceres, und seine Bahn wurde von Gauß auf Grund neuer Formeln so scharf ermittelt, daß er bei seiner nächsten Sichtbarkeit nach den Gaußschen Angaben wieder gefunden werden konnte. Dann haben sich die Entdeckungen der Planetoiden massenhaft gehäuft, wie folgende kurze Statistik zeigt:

Der	1. Planetoid entdeckt im Jahre 1801				
"	51.	"	"	"	1851
"	101.	"	"	"	1868
"	151.	"	"	"	1875
"	201.	"	"	"	1879
"	251.	"	"	"	1885
"	301.	"	"	"	1890
"	351.	"	"	"	1892
"	401.	"	"	"	1895
"	451.	"	"	"	1898
"	551.	"	"	"	1905
"	651.	"	"	"	1907
"	701.	"	"	"	1910

Aus dieser Tabelle erkennt man, daß vom Jahre 1890 ab die Entdeckung der Planetoiden besonders rapide vor sich gegangen ist. Bis 1892 hat man die Planetoiden nur auf visuellem Wege entdeckt, d. h. man beobachtete im Fernrohr eine verdächtige Gegend am Himmel und erkannte darin Lichtpunkte mit eigener Bewegung als Planetoiden. Von 1892 ab hat Wolf in Heidelberg die Auffuchung kleiner Planeten mit Hilfe der Photographie vereinfacht. Man photographiert die verdächtige Gegend am Himmel, indem man die Platte längere Zeit exponiert und das Fernrohr entgegengesetzt der Erdrotation durch ein Uhrwerk bewegt. Dann geben die Sterne kleine Scheibchen auf der Platte, während ein et-

waiger kleiner Planet wegen seiner Eigenbewegung einen Strich zieht. Erfolgreiche Entdecker von Planetoiden waren u. a. Peters, Luther, Palisa, Charlois und Wolf.

Das rasche Anwachsen dieser jetzt über



Der neunte Mond des Saturn (Phoebe).

700 an Zahl betragenden Asteroiden bedingt eine Riesenarbeit, um die Berechnung der Bahnen, die Klassifizierung der Elemente und die Identifizierung durchzuführen. Sobald ein neuer Planetoid entdeckt wird, muß festgestellt werden können, ob derselbe nicht etwa ein schon bekannter, nur von neuem wiedergefundener ist. Dieses gewaltige Arbeitsmaterial hat bisher das Berliner astronomische Recheninstitut übernommen, das auch die Herausgabe des astronomischen Jahrbuches besorgt. Aber die Berechnung übersteigt sogar die Kräfte eines Rechenbureaus, wenn eine fortlaufende Bearbeitung aller Planetoiden verlangt wird, da ihre Zahl so erheblich gestiegen ist. Man traf daher nach internationaler Übereinkunft die Vereinbarung, daß die Berechnung von Jahresephemeriden

sich auf solche Planetoiden beschränken soll, denen besondere Bedeutung zukommt wegen ihrer Nähe zur Erde oder zum Jupiter und Saturn oder wegen ihrer Helligkeit. Für die anderen Planetoiden sind nur die Elemente zu geben, damit diese Himmelskörper stets identifiziert werden können.

Was wissen wir nun über diese kleinen Himmelskörper? Wir kennen ihre Bewegungen und Bahnen genau; über ihre Masse wissen wir fast nichts, über ihre Größe läßt sich etwas aussagen,



Photographische Entdeckung eines kleinen Planeten als Strich zwischen den Sternscheibchen.

und was ihren Ursprung betrifft, so ist man lediglich auf Vermutungen angewiesen. Im Vergleich zu den großen Planeten wissen wir also sehr wenig von den Planetoiden. Aus theoretischen Erörterungen läßt sich schließen, daß die gesamte Masse der bisher bekannten kleinen Planeten zusammengenommen ungefähr  $\frac{1}{1000}$  der Erdmasse beträgt, während die Masse eines einzelnen Asteroiden zu bestimmen, bisher noch nicht gelungen ist.

Indirekte Schlüsse aus Helligkeit und Reflexionsfähigkeit der kleinen Planeten auf ihr Volumen haben zu dem Ergebnis geführt, daß die Durchmesser der kleinsten Asteroiden etwa 15 Kilometer die Durchmesser der größten, z. B. der Ceres, ungefähr 800 Kilo-



meter betragen. Man stelle sich einen solchen kleinen Planeten von 15 Kilometer Durchmesser vor; auf ihm würde die Reise um die Welt 6 geographische Meilen Weg oder für einen rüstigen Fußgänger eine Tagesreise betragen. Auf dem größten Planetoiden Ceres ist so viel Raum vorhanden, daß gerade die Länder des Dreibundes Deutschland, Österreich und Italien Platz hätten.

Was endlich den Ursprung der Planetoiden betrifft, so galt lange Zeit die Olbersche Ansicht, daß die Planetoiden Trümmer eines großen vor Millionen von Jahren explodierten Himmelskörpers seien. Nach neueren Untersuchungen von Newcomb kann diese Ansicht nicht mehr aufrecht erhalten werden, da die Bahnverhältnisse und Geschwindigkeiten dieser kleinen Himmelskörper durchaus nicht auf einen gemeinschaftlichen Ursprung hinweisen. Man erklärt am wahrscheinlichsten die Anhäufung der Planetoiden und ihren erstaunlichen Reichtum an kleinen Himmelskörpern mit der gewaltigen Anziehung des Riesenplaneten Jupiter, in dessen Nähe die Bahnen der Asteroiden liegen und der das Zusammenballen von Nebelmassen zu einem größeren Planeten verhindert hat.

## Zwölftes Kapitel.

### Die Kometen.

Von sämtlichen Himmelskörpern haben die Kometen seit altersher die Phantasie der Menschen am meisten beeinflusst. An ihr Erscheinen knüpfte man in früherer Zeit ebenso kühne wie abergläubische Vorstellungen und hielt sie für Zuchtruten, die plötzlich am Himmel auftauchten zur Bestrafung sündiger Menschen. Man hat auch wohl die Güte der Weinernte mit dem Erscheinen von Kometen in Verbindung gebracht, und selbst in neuester Zeit war das Gerücht verbreitet, daß durch den Zusammenstoß eines größeren Kometen (Halley) mit der Erde unser Planet Schaden erleiden würde. Aus der Besonderheit der Kometenmaterie werden wir alsbald sehen, daß unserem Erdenleben von dieser Seite keine Gefahr droht.

Das Problem der Bahnbewegung eines Kometen ist schon von Newton und Olbers gelöst worden, und diese Theorie hat im Laufe der Zeit eine hohe Stufe der Entwicklung erreicht.

Aber die Frage nach der physischen Beschaffenheit der Kometen ist erst in den letzten Jahrzehnten eingehender untersucht worden.

Kepler tat den Ausspruch, der Weltenraum sei so voll von Kometen, wie das Meer von Fischen, aber nur ein geringer Teil derselben könne gesehen werden. Da die Bahnen der Kometen um die Sonne außerordentlich langgestreckte, meist parabolisch gekrümmte sind, können diese Himmelskörper uns nur während ihrer Sonnennähe sichtbar werden und bei der Besonderheit der Kometenbahnen vergehen Jahrtausende, ehe von der Sonne entfernte Kometen wieder in die Nähe des Zentralgestirns kommen.

Seit Beginn unserer Zeitrechnung sind bis zum heutigen Tage 540 dem Auge sichtbare Kometen zu verzeichnen. Nach Erfindung des Fernrohres kommen dazu noch 307 teleskopische Kometen, so daß im ganzen 847 Kometen seit Beginn unserer Zeitrechnung bekannt geworden sind. Von diesen 847 Kometen sind nur 47 als periodisch erkannt und von diesen 47 wiederum nur 20 mehrmals mit genauer Bahnfestlegung beobachtet. Die Umlaufszeit dieser periodischen Kometen, die langgestreckte elliptische Bahnen um die Sonne beschreiben, liegen zwischen 3 und 76 Jahren. Die überwiegende Zahl der Haarsterne sind aber sogenannte sporadische Kometen, die aus anderen Weltssystemen besuchsweise in unser Sonnensystem eindringen, um sich dann wieder in nebelhafte Fernen zu verlieren.

Wenn man die physische Beschaffenheit eines Kometen kennen lernen will, so muß man ihn verfolgen, wenn er aus entfernten Regionen des Weltalls in unser Sonnensystem gelangt. In weiter Entfernung von der Sonne besteht der Körper des Kometen aus einer Nebelhülle, die nach der Mitte zu eine kernartige Verdichtung zeigt mit mehr oder weniger scharfer Begrenzung. Kommt der Komet näher zur Sonne, so entwickeln sich aus dem Kern oder Verdichtungszentrum Ausströmungen nach der Sonne hin, deren Intensität mit der Annäherung des Kometen an die Sonne wächst. Diese ausströmende Kometenmaterie bildet unter Einwirkung eigentümlicher Kräfte den Schweif des Kometen, dessen glänzende Entwicklung ihr Maximum zur Zeit der Sonnennähe erreicht. Allmählich nimmt mit der Entfernung von der Sonne die Helligkeit ab, der Schweif wird kleiner und schließlich durchläuft der Komet die eben geschilderten Stadien rückwärts.

Schon im neunten Jahrhundert unserer Zeitrechnung machten

chinesische Astronomen, deren Aufzeichnungen wir auch die Daten über die Häufigkeit der Kometen verdanken, die Wahrnehmung, daß die Kometenschweife von der Sonne abgewendet sind. In der Tat gibt es von den vielen Kometen mit Schweifentwicklung nur acht, die einen der Sonne zugewendeten Schweif besitzen. Man hat dieselben als anormale Schweife bezeichnet, während die von der Sonne abgewandten normale Kometenschweife genannt werden.

Im allgemeinen begnügten sich die Astronomen der alten Zeit damit, Aufzeichnungen über das Erscheinen der Kometen zu machen, ohne diese glänzenden Erscheinungen genaueren theoretischen Betrachtungen zu unterwerfen.

Zwar hat man sich schon im Altertum eine Vorstellung von der Entstehung der Kometenschweife zu machen versucht, kam aber nicht über mehr oder weniger phantastische Vermutungen hinaus. Im sechzehnten Jahrhundert glaubte Cardani die Schweife durch optische Wirkungen erklären zu können, indem er annahm, daß die Sonnenstrahlen durch den Kometenkern gebrochen würden und durch Reflektion zur Wahrnehmung gelangten. Diese sonderbare Erklärung wurde von bedeutenden Gelehrten, u. a. von Tycho de Brahe, Galilei und sogar Ende des siebzehnten Jahrhunderts von Leibniz wieder aufgenommen. Bei Kepler und Newton findet sich aber bereits die klärende Anschauung, daß die Schweifentwicklung der Kometen durch Kräfte bedingt wird, die von der Sonne ausgehen. Laplace erklärte die Entstehung der Nebelhülle eines Kometen aus thermischen Einwirkungen der Sonne auf den Kometenkern, und Wilhelm Herschel nahm bereits zur Erklärung der Kometenschweife eine abstoßend wirkende Kraft der Sonne an.

Erst den beiden hervorragenden deutschen Astronomen Olbers und Bessel gelang es, durch eine wohldurchdachte mathematisch-physikalische Theorie die Entstehung der Kometenschweife zu erklären und ihre Bildung sowie Gestaltänderung zu berechnen. Diese Theorie, die gegenwärtig ziemlich allgemein in der Astronomie anerkannt wird, beruht auf der Annahme elektrischer Kräfte, die von der Sonne ausgehen. Sie ist durch die Arbeiten von Föllner und durch spezielle Untersuchungen von Bredichin u. a. über die Kometenschweife weiterentwickelt worden.

Um die Frage nach der Natur der Kometenmaterie zu beantworten, sollen zunächst die Ergebnisse kurz zusammengestellt

werden, die die wichtigsten Hilfsmittel der Astrophysik, Fernrohr, Spektroskop und photographischer Apparat, liefern.

Die Masse der Kometen ist im Verhältnis zu derjenigen der Planeten verschwindend klein, ihr Volumen dagegen oft außerordentlich groß. Daraus folgt, daß die Dichtigkeit nur eine äußerst geringe sein kann. Mit Ausnahme des Kernes, der aus festen oder flüssigen Teilen besteht, muß die Kometenmaterie zum größten Teil gasförmig sein. Daß diese gasförmige Materie sich wirklich in einem Zustande außerordentlicher Verdünnung befindet, geht aus folgenden Tatsachen hervor. Es ist trotz genauer Messungen noch nicht gelungen, eine merkliche Brechung des Lichtes bei einem Stern, der durch einen Kometenschweif bedeckt wird, wahrzunehmen. Ferner ist die Absorption der Lichtstrahlen durch die Kometenmaterie zwar merklich, aber doch außerordentlich gering.

Durch spektroskopische Untersuchungen der Kometen ist festgestellt, daß der Hauptteil des von ihnen ausgehenden Lichtes Eigenlicht ist und nur ein geringer Teil aus reflektiertem Sonnenlicht besteht. Das für alle Kometen charakteristische Spektrum ist ein Bänderspektrum, das aus hellen Streifen besteht und sich bei gewissen elektrischen Entladungsvorgängen in Kohlenwasserstoffverbindungen wiederfindet. Außer diesen Kohlenwasserstoffverbindungen hat man bei den Kometen noch Stickstoffgase und einige Metalle, besonders Eisen und Natrium, konstatiert.

Neben dem vom Eigenlicht herrührenden Bänderspektrum zeigt sich stets ein schwächeres kontinuierliches Spektrum, das entweder von reflektiertem Sonnenlicht herrührt oder durch das Glühen fester Partikelchen bedingt wird. Die spektroskopischen Untersuchungen haben uns daher nicht nur über die Natur der Kometenmaterie Aufschluß gegeben, sondern zugleich auch auf die dabei wirkenden Kräfte ein klärendes Licht geworfen, die im wesentlichen als elektrische Kräfte gekennzeichnet sind.

Daß man es bei der Schweifbildung von Kometen wirklich mit Glüherscheinungen elektrischer Art zu tun hat, geht aus einem interessanten Versuch von H. C. Vogel hervor. Nach Forschungen von Schiaparelli stehen die Meteore oder Sternschnuppen in inniger Beziehung zu den Kometen, sie sind sogar identisch mit den diskreten Teilchen, die sich vom Kometenkern loslösen. Das hat sich besonders deutlich bei den August- und November-Meteorströmen gezeigt, von denen die ersteren in der Bahn des hellen



Kometen von 1862, die letzteren in derjenigen des Kometen von 1866 einhergehen.

H. C. Vogel hat ein Stückchen von Meteorsteinen, die bei besonders reichlichen Sternschnuppenfällen zur Erde kamen, pulverisiert und in eine luftleere, stark erhitzte Röhre gebracht. Sobald ein intensiver elektrischer Induktionsstrom durch die Röhre geschickt wurde, zeigten die in der Röhre leuchtenden, aus den Meteortheilchen entweichenden Gase genau das bei den Kometen wahrgenommene Bandenspektrum. Durch diesen einfachen Versuch im Laboratorium gelang es, eine der schönsten und imposantesten Lichterscheinungen am Himmel zu erklären.

Um einen tieferen Einblick in die Schweifentwicklung der Kometen zu gewinnen, kann man sich den allgemeinsten Typus eines Kometen schematisch vorstellen, der allerdings bisher nur einmal in solcher Vollständigkeit bei dem großen Kometen vom September 1882 erreicht worden ist. Im Kopf eines derartigen Kometen zeigt sich nach der Mitte zu eine kernartige Verdichtung. Aus dieser Verdichtung schießen Ausströmungen in fächerform hervor, die nach der Sonne zu gerichtet sind. In einer bestimmten Entfernung vom Kern krümmen sie sich nach rückwärts und bilden drei verschiedene von der Sonne abgewandte Schweife. Außer diesen drei normalen Schweifen gibt es noch einen vierten anormalen Schweif, der nach der Sonne hin gerichtet ist. Man kann an dieses schematische Beispiel folgende Fragen knüpfen: Wodurch entstehen die Ausströmungen aus dem Kern, die nach der Sonne hin gerichtet sind? Weshalb bilden sich aus diesen Ausströmungen vier ganz getrennte Schweifäste? Wie verteilt sich die Kometenmaterie in diese verschiedenen Schweifäste? Was sind es für Kräfte, die auf die Bildung der Kometenschweife wirken?

Zunächst das Phänomen der Ausströmungen. Dieselben entstehen aus dem Kern, sobald der Komet sich der Sonne nähert. Es ist also zweifellos, daß die gewaltige Wärmewirkung unseres Zentralkörpers die Hülle des Kerns sprengt und jenes explosionsartige Hervorschießen der Kometenmaterie hervorruft. Die Bewegungen dieser Ausströmungsfigur lassen sich deutlich erkennen und auch mathematisch berechnen. Es sind Bewegungen pendelartiger Natur, wobei die ganze Ausströmungsfigur hin und her schwingt. Zur Erklärung dieser Schwingungen reicht die gewöhnliche, auf der allgemeinen Anziehungskraft der Sonne be-

ruhende Kraftwirkung nicht aus, denn es kommen dabei sehr große Ausschläge mit sehr kleiner Schwingungsdauer vor. Es müssen also besondere Kräfte sein, die hier ihr Spiel treiben, schon weil diese Ausströmungsbewegungen keinen Einfluß auf die Bewegung des Kometenkörpers in seiner Bahn besitzen.

Außer mit den Bewegungen der Ausströmungsfigur hat man es mit der Bewegung der Schweifteilchen zu tun, welche, vom Kern ausgestoßen, den Schweif des Kometen bilden. Diese Schweifmaterie befindet sich sowohl unter der Einwirkung der Sonne als auch des Kometenkörpers, aber man kann annehmen, daß die Kraft der Sonne die des Kometen weitaus übertrifft. Es ist daher erlaubt, die Bewegung der Schweifteilchen erst dann in Rechnung zu stellen, wenn dieselben die Wirkungssphäre des Kometen verlassen haben. Werden nun hierauf die allgemeinen Gesetze der Bahnbewegung um einen Zentralkörper angewandt, so erkennt man, daß die Schweifteilchen eines Kometen sich in hyperbolischen Bahnen bewegen. Die in der Theorie der Bewegung der Schweifteilchen entwickelten Formeln machen es möglich, außer der Bahn auch die Größe der auf jene Teilchen wirkenden Kraft, ferner Lage und Richtung der Schweifäste, ja sogar die Verteilung der Kometenmaterie zu berechnen.

Von größtem Interesse ist die Ermittlung der Kraft, die auf die Schweifteilchen einwirkt. Besonders dem russischen Astronomen Bredichin gelang es, die Größe dieser Kraft für ungefähr 60 Kometen zu berechnen und es ergab sich eine Repulsionskraft, also eine Kraft, die der gewöhnlichen Anziehungswirkung entgegengesetzt ist. Abgesehen vom Vorzeichen unterscheidet sich diese Kraft von der gewöhnlichen Anziehungskraft auch der Größe nach. Für die Schweife des ersten Typus, die am stärksten von der Sonne fortgerichtet sind, beträgt die Kraft — 12, für den zweiten Typus etwa — 4, und für den dritten ungefähr — 2.

Soweit unsere Kenntnisse reichen, gilt im ganzen Universum das Newtonsche Attraktionsgesetz. Die Entwicklung der Kometenschweife hat zum ersten Male das Beispiel für eine Kraftentfaltung gegeben, die von der uns im Himmelsraume bekannten Newtonschen Attraktion abweicht.

Was ist das nun für eine Kraft, die bei der Bildung der Kometenschweife wirkt? Bereits der große Königsberger Astronom Bessel fand aus seinen theoretischen Untersuchungen,

daß es eine Polar kraft sein müsse. Von Polar kräften kennt man zwei, Elektrizität und Magnetismus, die sich außerdem auf dieselbe Energieform zurückführen lassen. Ferner hat der Leipziger Astronom Föllner die Schweifbildung der Kometen durch elektrische Kräfte zu erklären versucht, die von der Sonne ausgehen und auf die von dem Kometenkern ausströmende Materie einwirken. Mit dieser Idee einer von der Sonne ausströmenden elektrischen Kraft stimmen die Ergebnisse der spektroskopischen Untersuchungen überein, da sie beweisen, daß das bei den Kometen beobachtete Eigenlicht elektrischer Natur ist.

Nunmehr kann auch die letzte Frage beantwortet werden, wie die verschiedenen Schweife entstehen, sowohl die drei von der Sonne abgewandten, als auch der anormale Schweif, der nach der Sonne hin gerichtet ist. Elektrizität und Magnetismus stehen in inniger Beziehung zueinander; wo elektrische Kräfte eine Rolle spielen, müssen auch magnetische Wirkungen hervorgerufen werden und umgekehrt. Man kann also die Sonne als einen gewaltigen



Komet 1907 d.

Elektromagnet bezeichnen, und die normalen Schweife würden aus Materie bestehen, welche diamagnetisch ist, d. h. von einem Magnet abgestoßen wird, während die nach der Sonne hingegerichteten anormalen Schweife aus paramagnetischer Materie zusammengesetzt sind, die von einem Magnet angezogen wird. Es scheint in der Tat, als ob die in der Kometenmaterie spektroskopisch nachgewiesenen Kohlenwasserstoffverbindungen diamagnetisch sind, während die wahrscheinlich im Kometen vorhandenen Eisenverbindungen stark paramagnetische Eigenschaften aufweisen.

So sind wir an der Hand von Tatsachen zu der Vorstellung gelangt, daß bei dem großartigen Phänomen der Kometenschweife

wahrscheinlich gewaltige elektromagnetische Kraftwirkungen der Sonne im Himmelsraum sich zeigen. Es sei jedoch bemerkt, daß man neuerdings vielfach der Ansicht zuneigt, daß bei den Kometenschweifigen Kathodenstrahlen oder auch Erscheinungen des Lichtdrucks im Himmelsraume sich geltend machen.

## Dreizehntes Kapitel.

### Meteore und Sternschnuppen, Tierkreislicht.

Wer jemals einen glänzenden Sternschnuppenfall in einer August- oder Novembarnacht erblickt, wird sich des tiefen Eindrucks kaum entziehen können, den ein solches himmlisches Schauspiel ausübt. Nicht die Pracht des Anblicks wirkt ergreifend; wir können mit unseren künstlichen pyrotechnischen Schauspielen prachtvollere Erscheinungen hervorrufen, die selbst die schönsten Sternschnuppenfälle an Farbentöne und Lichtglanz weit übertreffen. Aber das himmlische Feuerwerk wirkt unendlich ergreifender auf den Zuschauer, weil der Kontrast dieses unruhigen Schauspiels mit dem sonst dem Sternenhimmel eigenen Charakter ruhiger Majestät besonders packend ist. Man staunt, wenn plötzlich ein Lichtpunkt aufblitzt, um in wenigen Sekunden einen großen Teil des Himmels zu durchheilen und ebenso plötzlich wieder zu verlöschen. Noch eigenartiger berührt es, wenn inmitten eines Sternbildes plötzlich eine rote, blaue oder grüne Feuerkugel erscheint, die langsam dahinschwebend die Sterne mit ihrem Glanz verdunkelt, um nach wenigen Sekunden sich aufzulösen oder aber plötzlich mit donnerartigem Getöse zu zerspringen. Die Reste einer solchen aufgelösten Feuerkugel werden nicht selten auf dem Erdboden als kleine oder große Meteorsteine gefunden. Am meisten aber erstaunt man, wenn ein Regen von Sternschnuppen den Himmel beleuchtet, die von einer Stelle, dem sogenannten Radiationspunkt ausgehen und nach allen Richtungen divergierend den Himmel durchheilen. Einen solchen Sternschnuppenfall hat Alexander von Humboldt besonders schön und ergreifend geschildert, als er in einer Novembarnacht des Jahres 1799 zu Cumana (Venezuela) viele Tausende von Sternschnuppen und Feuerkugeln aufleuchten sah, die zu dem Leonidenschwarm gehörten. Es ist derselbe Leonidenschwarm,



dessen periodische Wiederkehr sich in  $33\frac{1}{4}$  Jahren vollzieht und der fast alle Jahre im November uns zahlreiche Sternschnuppen in die Erdatmosphäre sendet.

Was sind nun Sternschnuppen, woher kommen sie, und welche Gesetze beherrschen ihre seltsame Erscheinung? Die astronomische Wissenschaft kann auf diese Fragen heutzutage exakte Antworten geben, während noch vor ungefähr 50 Jahren ein beträchtliches Dunkel über diesem Gebiete lagerte. Ein neuer Beweis dafür, wie grundfalsch der vielfach vertretene Standpunkt des „ignorabimus“ ist, denn gerade die vollbrachten Fortschritte sind die sichersten Bürgen für immer neue Erfolge im ewigen Kampfe des Menschengesistes mit der Sphinx des Universums.

Noch in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde in den Berichten der Pariser Akademie der Wissenschaften das Phänomen der Sternschnuppen unter der Rubrik „Meteorologie“ verzeichnet, da man sie früher für Erscheinungen unserer Erdatmosphäre hielt. Eine Zeitlang hatte man auch geglaubt, daß die Meteore von den Mondvulkanen ausgeworfene Körper seien. Alle diese Annahmen sind sehr werkmüßig, da schon 1764 der berühmte Physiker Chladni — besonders bekannt durch Entdeckungen in der Akustik — sich in überzeugender Weise für den kosmischen Ursprung der Meteore ausgesprochen hatte. Ferner haben zwei deutsche Astronomen, Brandes und Benzenberger, bereits Ende des achtzehnten Jahrhunderts die ersten zuverlässigen Beobachtungen und Berechnungen über die Höhe der Meteore beim Erscheinen und Verschwinden in der Erdatmosphäre angestellt. Sie haben trigonometrisch von zwei verschiedenen Orten aus die Höhen identischer Sternschnuppen gemessen und durchschnittlich etwa 110 Kilometer dafür gefunden. Die Geschwindigkeit der Sternschnuppen ergab sich im Mittel zu 45 Sekunden=Kilometer. Nach neueren Messungen steht fest, daß die Meteore beim Eindringen in die Erdatmosphäre sich in Höhen von 100 bis 190 Kilometer entzünden, und daß ihre Geschwindigkeiten zwischen 20 und 80 Sekunden=Kilometer liegen. Wir wissen ferner, daß die optisch wirksamen Schichten unserer Lufthülle nur etwa 80 Kilometer hoch sein können. Daher muß in den darüberliegenden Luftschichten, wo die Sternschnuppen sich entzünden, noch ein genügend dichtes Mittel bei einem Luftdruck von nur wenigen hundertsteln Millimetern, vielleicht reines Wasserstoffgas, vorhanden sein, damit die

Meteore, die mit planetarischer Geschwindigkeit in diese Luftschichten eindringen, sich durch Reibung entzünden können.

Die Erklärung der Natur der Sternschnuppen und ihres Zusammenhanges mit den Kometen ist besonders durch den italienischen Astronomen Schiaparelli gefördert worden, der auch als Marsbeobachter Hervorragendes leistete.

Nach den neueren Untersuchungen von Schiaparelli, Denning, Weiß u. a. lassen sich folgende Tatsachen feststellen: Als Auflösungsprodukte von Kometen befinden sich im Himmelsraume zerstreut unzählig viele kleine Körperchen, Meteore, die sich infolge der allgemeinen Anziehung in Kegelschnitten um die Sonne bewegen mit planetarischen Geschwindigkeiten zwischen 20 und 80 Sekundenkilometer. Ihre Bewegungen sind ähnlich wie bei den Kometen, teils rückläufig, teils rechtläufig. Die Erde begegnet in ihrem Laufe um die Sonne fortwährend solchen Körperchen, die sich beim Eindringen in die Atmosphäre entzünden und als Sternschnuppen sichtbar werden. Kleine Meteore verbrennen vollständig, die großen zerplazen und fallen als Aerolithe zur Erde, wo sie gelegentlich, z. B. in großen weiten Ebenen, besonders in Mexiko, Brasilien und Sibirien gefunden werden. Man findet sie einmal als Eisenmeteorite (reich an Nickeleisen), oder auch als Steinmeteorite (hauptsächlich aus Kieselsäure und Ton bestehend). Es sind Meteore von 1 Kilogramm bis 7000 Kilogramm Gewicht gefunden worden. Der größte Meteorit ist die sogenannte Pallasmasse, die in Sibirien niederfiel.

Außer diesen sogenannten sporadischen Meteoren, die vereinzelt und unregelmäßig auftreten, gibt es aber auch Meteorschwärme, bei denen sich unzählige Meteorkörperchen in gemeinsamen Bahnen bewegen, die mit Bahnen von periodischen Kometen identisch sind. Geht die Erde durch eine solche Bahn von Meteorwolken, die höchst wahrscheinlich Auflösungsprodukte der Kometen darstellen, hindurch, so findet ein besonders starker Sternschnuppenfall statt, der sich beim jedesmaligen Passieren des Kreuzungspunktes von Erd- und Kometenbahn wiederholt. Solche periodisch auftretenden Sternschnuppenfälle kennen wir bisher etwa acht, die auf folgende Zeiten fallen:

1. Sternschnuppenfall Anfang Januar, aus dem Sternbild des Herkules;
2. Sternschnuppenfall Mitte April, aus dem Sternbild der Leier;
3. Sternschnuppenfall Ende Juli, aus dem Sternbild des Schwans;

4. Sternschnuppenfall im August (8.—12.), aus dem Sternbilde des Perseus kommend, daher Perseiden genannt;
5. Sternschnuppenfall Mitte Oktober, aus dem Sternbild des Stiers;
6. Sternschnuppenfall 12.—14. November, aus dem Sternbild des Löwen, daher Leoniden genannt;
7. Sternschnuppenfall Ende November, aus dem Sternbild der Andromeda;
8. Sternschnuppenfall 6.—13. Dezember, aus dem Sternbild der Zwillinge.

Das sind Sternschnuppenströme, die der nördlichen Hemisphäre angehören. Von den reichlichen Sternschnuppenströmen der südlichen Hemisphäre wissen wir noch wenig. In der Zeit von Ende Juli bis Anfang August z. B. kommt ein Meteorschwarm aus dem Sternbild des südlichen Fisches.

Die meisten der soeben erwähnten Meteorströme zeigen nach Zahl, Aussehen und Bahnen der sie bildenden Körperchen gewisse charakteristische Verschiedenheiten. Der Hauptunterschied besteht in der zu verschiedenen Jahren verschiedenen Intensität; manche Schauer treten jährlich gleich stark auf, andere wachsen nach Verlauf von Jahrzehnten stark an, um in den Zwischenzeiten allmählich wieder abzunehmen. Namentlich die beiden wichtigsten großen Sternschnuppenfälle, die Perseiden im August und die Leoniden im November, weisen in dieser Beziehung beträchtliche Unterschiede auf. Die Perseiden, welche in der Bahn des großen Tuttle'schen Kometen von 1862 einhergehen, kehren Jahr für Jahr nahezu in gleicher Stärke wieder. Die Leoniden, die sich in der Bahn des großen Tempel'schen Kometen von 1866 befinden, kommen dagegen alle  $33\frac{1}{3}$  Jahre — das ist die Umlaufszeit jenes periodischen Kometen um die Sonne — mit ihrer Maximalstärke wieder.

Hierbei darf jedoch nicht vergessen werden, daß die Bahnen von Kometen und Meteorschwärmen sehr große und unregelmäßige Störungen besonders durch den Riesenplaneten Jupiter erfahren. Daher haben sich oft die Vorausberechnung der Maximalintensität von Sternschnuppen nicht als zuverlässig erwiesen. Auf Grund neuerer Untersuchungen kann es aber als gesichert gelten, daß die Radiationspunkte fast aller uns bekannten Meteorströme sehr nahe mit den Knotenpunkten von Kometenbahnen zusammenfallen, so daß an einer Verwandt-

schaft zwischen Meteoren und Kometen nicht mehr zu zweifeln ist.

Schiaparelli hat bei den periodischen Sternschnuppenfällen noch auf ein bemerkenswertes Factum hingewiesen, daß nämlich die Häufigkeit periodischer Sternschnuppen mit der Tageszeit variiert. Gegen Morgen vor Sonnenaufgang dringen mehr Sternschnuppen in die Atmosphäre der Erde ein, als gegen Abend nach Sonnenuntergang. Es besteht eine sogenannte stündliche Variation in der Häufigkeit der Sternschnuppen, wobei die meisten aus demjenigen Punkte der Erdbahn herkommen, nach dem die Erde sich momentan bewegt, d. h. aus demjenigen Punkte, welcher in Länge der Sonne um 6 Stunden voraus ist und gerade Morgen hat. Die in Rotation befindliche Erdkugel hat auf der einen Hälfte Tag, auf der anderen Nacht. Das Stück, das jedesmal nach vorwärts in der Erdbahn liegt, ist die Morgen- seite, das entgegengesetzte die Abendseite. Vergleicht man nun die Erde mit einer Kanonenkugel und die Meteorkörperchen mit einem Mückenschwarm, so versteht man, daß auf der vorangehenden Seite der Erde die meisten Meteorkörper auftreffen. Auf der Rückseite können überhaupt nur solche Meteore auf- treffen, die schneller als die Erde selbst fliegen. Durch dieses Bild wird die Variation in der Häufigkeit der Sternschnuppen mit der Tageszeit verständlich, eine Erscheinung, die wiederum einen anschaulichen Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne liefert.

Am Schluß dieses Abschnitts sei noch das ziemlich räthelhafte Tierkreislicht erwähnt.

In den Tropen kann das Zodiakallicht fast das ganze Jahr hindurch abends im Westen und morgens im Osten gesehen werden. In höheren Breiten entzieht es sich wegen der Dünste des Horizonts zumeist unserer Wahrnehmung. Aus den Beob- achtungen folgt, daß das Zodiakal- oder Tierkreislicht in Gestalt einer mattleuchtenden Pyramide erscheint, deren Basis auf dem Horizont ruht und deren übrige Figur sich längs der Ekliptik erstreckt.

Aus dem Altertum und dem Mittelalter liegen keine Berichte oder Aufzeichnungen über diese eigenartig zarte Lichterscheinung vor. Erst am Ende des siebzehnten Jahrhunderts lenkte Cassini die Aufmerksamkeit auf das Tierkreislicht am Dämmerungs- himmel in Richtung der Erdbahn, und 1803 hat Humboldt auf



seinen tropischen Reisen jene schöne Lichterscheinung beschrieben. Das Tierkreislicht spannt sich in den Tropen über den ganzen Himmel aus und es gelang Brorsen 1854 sogar, einen Gegenchein festzustellen, der durch eine äußerst feine Lichtbrücke mit dem Hauptschein verbunden ist. Längere Beobachtungsreihen über diese merkwürdige Lichterscheinung verdanken wir u. a. J. Schmidt, Heis und Jones; aber trotzdem wird es noch Jahrzehnte langer Beobachtungen und Messungen in südlichen Klimaten bedürfen, ehe exakte Schlüsse aus Form, Lage und Helligkeit des Tierkreislichtes gezogen werden können. Hier liegt ein dankbares Arbeitsfeld für die wenigen, in tropischen Breiten gelegenen Sternwarten, wie Rio de Janeiro und Quito.

Neuere spektralanalytische Untersuchungen des Tierkreislichtes, besonders von Wright, zeigen ein schwaches kontinuierliches Spektrum, sodaß die Ursache dieser merkwürdigen Lichterscheinung vielleicht in reflektiertem Sonnenlicht zu suchen ist, reflektiert an einem gewaltigen die Sonne umgebenden Meteorring. Für diese Annahme sprechen auch neuere photometrische Untersuchungen, ohne daß es bisher gelungen ist, den Stand unserer Kenntnisse über das rein Hypothetische zu heben.

Noch viele Rätsel im Universum sind zu lösen, und die Astronomie, die es im Laufe der Jahrhunderte weit gebracht hat, darf trotzdem niemals stolz sein, sondern muß stets den bekannten Ausspruch von Laplace beherzigen:

„Was wir wissen, ist wenig, was wir nicht wissen aber unendlich viel.“



Komet Brooks 1893 mit einer gleichzeitig durch das Gesichtsfeld schwebenden Meteorbahn.

## Kurzes Sachregister.

Aberration des Lichtes 82.  
 Abplattung der Erde 72.  
 Abweichung (Deklination) 16.  
 Aerolithen 130.  
 Ägypter 9.  
 Almagest 11.  
 Andromedanebel 22.  
 Anziehung, allgemeine 34.  
 Araber 11.  
 Astrolabium 11.  
 Astrophysik 15.  
 Atmosphäre 64.  
 Aufsteigung (Gerade) 16.  
 Babylonier 7.  
 Bewegungsgeetze 32.  
 Bode-Titius-Zahlengeetz 27.  
 Bonner Durchmusterung 19.  
 Breite, Geographische 16.  
 Ceres, kleiner Planet 30.  
 Chinesen 7.  
 Corona der Sonne 49.  
 Chromosphäre der Sonne 49.  
 Dämmerung 64.  
 Deklination (Abweichung) 16.  
 Dichte der Himmelskörper 117.  
 Dimensionen der Erde 72.  
 Doppelsterne 22.  
 Dopplers Prinzip 83.  
 Dreikörper-Problem 35.  
 Ebbe und Flut 79.  
 Eigenbewegung der Sterne 24.  
 Ekliptik (Tierkreis) 19.  
 Ellipse (Bewegung) 31.  
 Epizykeln 29.  
 Erdachse (Schwankung) 75.  
 Erdbewegung 81.

Erdrotation 76.  
 Erdmagnetismus 48.  
 Erdmessung, internationale 75.  
 Erdwärme 61.  
 Eros, Planetoid 118.  
 Flecken (auf der Sonne) 49.  
 Feuerfugeln 128.  
 Finsternisse (Sonnen- und Mond-  
 finsternis) 98.  
 Flecken (auf der Sonne) 46.  
 Fraunhofersche Linien 51.  
 Fundamentalsterne 19.  
 Galaktische Ebene 21.  
 Gegenschein (Tierkreislicht) 133.  
 Geographische Breite, Länge 16.  
 Geoid (Erdfigur) 72.  
 Geozentrische Theorie 11.  
 Gezeiten 80.  
 Gradmessungen 69.  
 Granulationen (Sonne) 46.  
 Gravitation 32.  
 Griechen 9.  
 Heliozentrische Theorie 13.  
 Helligkeit der Sterne 16.  
 Himmelkarte (Photographische) 20.  
 Jupiter 109.  
 Jupitertrabanten 111.  
 Kanäle des Mars 107.  
 Kegelschnitte 34.  
 Keplersche Gesetze 31.  
 Kometen 121.  
 Vibration des Mondes 100.  
 Lichtgeschwindigkeit 112.  
 Lichtjahr 25.

- Mars** 102.  
**Marsmonde** 108.  
**Merkur** 53.  
**Meteore** 128.  
**Milchstraße** 20.  
**Mira Ceti** (veränderlich) 23.  
**Mond** 84.  
**Mondbahn** 101.  
**Mondberge** 93.  
**Mondfinsternisse** 99.  
  
**Nebelflecke** 22.  
**Neptun** 116.  
**Nova Cassiopejæ** 23.  
**Nova Persei** 23.  
**Mutation** 79.  
  
**Orionnebel** 22.  
  
**Parallaxe** 83.  
**Photosphäre (Sonne)** 46.  
**Planet (intramerkurieller)** 53.  
**Planetoiden (kleine Planeten)** 118.  
**Polarlichter** 48.  
**Präzession** 79.  
**Protuberanzen (Sonne)** 49.  
  
**Radium (Sonne)** 42.  
**Refraktion (Strahlenbrechung)** 67.  
**Rektaszension (Gerade Aufsteigung)** 16.  
**Repulsionskraft (Sonne)** 126.  
  
**Saroscyklus (Finsternisse)** 99.  
**Saturn** 112.  
**Saturnsringe** 113.  
**Saturnsmonde** 114.  
**Schiefe der Ekliptik** 79, 105.  
**Sonne** 36.  
**Sonnenentfernung** 38.  
**Sonnenfinsternisse** 99.  
**Sonnenlicht** 39.  
**Sonnenwärme** 40.  
**Spektralanalyse (der Gestirne)** 15.  
**Sternbilder** 16.  
**Sternhaufen** 22.  
**Sternkarten** 19.  
**Sternkataloge** 17.  
**Sternschnuppen** 128.  
**Störungstheorie** 33.  
  
**Tierkreis (Ekliptik)** 19.  
**Tierkreislicht (Zodiakallicht)** 132.  
  
**Universum** 25.  
**Uranus** 115.  
**Uranusmonde** 116.  
  
**Venus** 57.  
**Venusdurchgänge** 59.  
**Veränderliche (Sterne)** 23.  
  
**Wetter (und Mondwechsel)** 81, 85.

# Astronomische Ortsbestimmungen

mit besonderer Berücksichtigung der Luftschiffahrt

Von Dr. W. Leick.

8°. ca. 130 S. Geheftet ca. M. 3.20.

Für den Laien fehlt es bisher an einer möglichst einfachen zusammenfassenden Darstellung der bei der astronomischen Ortsbestimmung in Betracht kommenden Methoden. Einem solchen Bedürfnis entgegenzukommen ist die Aufgabe dieses Buches. Es behandelt die astronomischen Ortsbestimmungen in erster Linie, soweit sie für die Aeronautik in Betracht kommt und bietet die wichtigsten Tatsachen für die Ortsbestimmung des Seemanns und des Forschungsreisenden. Um auch denen, die ohne mathematische und astronomische Vorkenntnisse an das Studium herantreten, ein leichtes Eindringen zu ermöglichen, sind die unbedingt nötigen Vorkenntnisse und Grundlagen in dem ersten Teile zur Darstellung gebracht.

**Aus dem Inhalt:** Geographische Breite und Länge. — Das Horizontalssystem. — Das Äquatorialsystem. — Die Zeitmessung. — Orientierung am Fixsternhimmel. — Die notwendigen Beobachtungen und Meßinstrumente. — Einfache Breitenbestimmungen. — Aus Polarishöhen. — Aus Fixsternhöhen in der Nähe des Meridians. — Aus Planetenbeobachtungen. — Einfache Längenbestimmungen. — Aus Höhenmessungen an Ost—Weststernen. — Aus Durchgängen durch den Vertikal des Polarsterns. — Bestimmung der Längenänderung. — Vollständige Ortsbestimmung nach Länge und Breite. — Fixstern in gleicher Höhe. — Verbindung von Sternen im Meridian mit Ost—Weststernen. — Rechnerische Auflösung des astronomischen Fundamentaldreiecks, einige spezielle Methoden. — Graphische Methoden der Ortsbestimmung in der Nautik. — Das Summervverfahren. — Die Höhenmethode. — Graphische Methoden der Ortsbestimmung in der Aeronautik. — Standlinienmethoden. — Nomographische Verfahren. — Ortsbestimmungen aus Höhen- und Azimutmessungen. — Fehlerbetrachtungen. — Tabellen. — Abstand zweier Meridiane gemessen auf dem Parallelfreis. — Kimmhöhe und Sichtweiten. — Magnetische Deklination für Mitteleuropa. — Mittlere Refraktion. — Verwandlung von Zeitmaß in Bogenmaß. — Mittlere Orte einiger Fixsterne. — Zeitgleichung für 1912 und 1913. — Zonenzeiten. — Sternzeit im Stargarder Mittag 1912—1914. — Verwandlung von mittlerer Zeit in Sternzeit. — Polariskorrektur. — Fixsterne im Meridian. — Höhenänderung in der Nähe des Meridians. — Gesamtbesichtigung für Mondbeobachtungen. — Fixsterne im ersten Vertikal. — Verwandlung von Zeitunterschied in Längenunterschied. — Vega und Capella in gleicher Höhe. — Fixsterne im Meridian und I. Vertikal. — Formelzusammenstellung. — Allgemeine Handbücher. — Ortsbestimmung in der Nautik. — Ortsbestimmung in der Aeronautik. — Ephemeriden und Tafeln. — Instrumente und Apparate.



Verlag von Quelle und Meyer in Leipzig.

# Wissenschaft und Bildung

Einzeldarstellungen aus allen Gebieten  
des Wissens

Im Umfange von 124 bis 196 Seiten. Herausgegeben von  
GEHEFTET Privat-Dozent Dr. Paul Herre. ORIG.-BD.  
1 Mark 1,25 Mk.

Die Sammlung bringt aus der Feder unserer berufensten Gelehrten in anregender Darstellung und systematischer Vollständigkeit die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung aus allen Wissensgebieten. Sie will den Leser schnell und mühelos, ohne Fachkenntnisse vorauszusetzen, in das Verständnis aktueller, wissenschaftlicher Fragen einführen, ihn in ständiger Fühlung mit den Fortschritten der Wissenschaft halten und ihm so ermöglichen, seinen Bildungskreis zu erweitern, vorhandene Kenntnisse zu vertiefen, sowie neue Anregungen für die berufliche Tätigkeit zu gewinnen. Die Sammlung „Wissenschaft und Bildung“ will nicht nur dem Laien eine belehrende und unterhaltende Lektüre, dem Fachmann eine bequeme Zusammenfassung, sondern auch dem Gelehrten ein geeignetes Orientierungsmittel sein, der gern zu einer gemeinverständlichen Darstellung greift, um sich in Kürze über ein seiner Forschung ferner liegendes Gebiet zu unterrichten.

---

„Bei Anlage dieses weitumfassenden Werkes haben Verleger und Herausgeber damit einen sehr großen Wurf getan, daß es ihnen gelungen ist, zumeist erste akademische Kräfte zu Mitarbeitern zu gewinnen.“

Straßburger Post.

# RELIGION

**Volksleben im Lande der Bibel.** Von Prof. Dr. M. Löhr. 138 Seiten mit zahlreichen Städte- und Landschaftsbildern. In Originalleinenband Mark 1.25

„Mit den gesamten Forschungsergebnissen über Palästina wohl vertraut und auch aus eigener Anschauung mit dem Lande wohl bekannt, war der Verfasser aufs beste geeignet, uns dessen Bewohnerschaft vorzuführen . . . Eingeleitet wird die Schrift mit einem allgemeinen Kapitel über die Landesnatur und die Bevölkerung. Die folgenden sind spezieller und überschrieben: Das häusliche Leben; das Geschäftsleben; das geistige Leben; Jerusalem einst und jetzt.“  
Globe. Nr. 17. 1907.

**Sabbat und Sonntag.** Von Professor Dr. H. Meinhold. 126 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Der Laie kann sich zur Zeit nirgends schneller und besser über diesen Gegenstand von immer neuer Aktualität unterrichten.“

J. Smend. Monatschr. f. Gottesdienst u. kirchl. Kunst. 15. Jahrg.

„Nicht frisch, klar und inhaltsreich. Besonders, was über den Sabbat im Leben der jüdischen Gemeinde erzählt wird, war in dieser Anschaulichkeit meines Wissens bisher noch nirgend geboten. M. beschränkt sich aber nicht auf sein eigentliches Arbeitsgebiet, sondern verfolgt den Sonntag durch seine ganze Geschichte in sehr ansprechender Weise. Man kann sich zu interessanten Vorträgen über das Wesen des Sonntags und seine Geschichte gar kein besseres Material denken!“  
Evangelisch-protestant. Kirchenblatt.

**Die Poesie des Alten Testaments.** Von Professor Dr. E. König. 164 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Eine gedrängte und doch reichhaltige Darstellung der alttestamentlichen Poesie, die nach allgemeinen Erörterungen über den Charakter derselben sie in episch-lyrische, episch-didaktische, reindidaktische, reinlyrische und dramatische Dichtungen zerlegt, das Wesen jeder dieser Gattungen beschreibt und gut gewählte Proben für sie beibringt.“  
Theologischer Literaturbericht.

**Einführung in das Alte Testament.** Von Professor Dr. M. Löhr. 124 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

Das Alte Testament ist eine Sammlung, dessen einzelne Teile von ihrem ältesten bis zu ihrem jüngsten rund ein Jahrtausend umspannen. Durch dieses einzigartige literarische Denkmal will Verfasser dem Laien ein Führer sein. Er will die Eigenart der biblischen Überlieferungen erklären, ihren Werdeprozeß, ihr Verhältnis zu den Literaturen des Orients usw. Dabei ergeben sich naturgemäß auch eine Fülle von Betrachtungen über den ethischen und kulturellen Charakter der Bibel.

**David und sein Zeitalter.** Von Prof. Dr. B. Baentsch.  
176 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Vertraut mit der Methode und den Ergebnissen der neuerdings so reich ausgebeuteten alttestamentarischen Wissenschaft entrollt Verfasser das Gemälde des epochemachenden Davidschen Zeitalters und dessen beherrschender Gestalt, um sie dem modernen Menschen nahezubringen. Es schildert die allgemeine Weltlage, David bis zur Königswahl und als König und schließt mit einer Charakteristik desselben als Regent, Politiker und Mensch.“

Das Wissen für alle.

**Das Christentum.** Fünf Vorträge von Prof. Dr. E. Cornill, Prof. Dr. E. von Dobschütz, Geheimrat Prof. Dr. W. Herrmann, Prof. Dr. W. Staerk, Geheimrat Prof. Dr. E. Troeltsch.  
168 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Wenn hervorragende Forscher einmal dazu schreiten, sich für ihr Fach auf den wesentlichen Ertrag ihrer und fremder Arbeit zu besinnen und ihn in knapper, gemeinverständlicher Form darzubieten, so bedeutet das für sie selbst eine Tat und verspricht für die Nichtfachgenossen eine Quelle reicher Belehrung. Beides trifft, so billig es ist, in vollem Maße zu für das vorliegende kleine Buch . . . . Schon die Titel der Vorträge sind geeignet, die Leselust aller zu wecken, welche erfahren möchten, was die moderne Theologie über Christentum und seine Vorgeschichte zu sagen hat.“

Preussische Jahrbücher.

**Christus.** Von Prof. Dr. D. Holzmann.  
152 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Das ist ein ungeheuer inhaltreiches Buch. Da ist mit Gelehrsamkeit und feiner Beobachtung alles an großen und kleinen oft übersehenen Zügen zusammengetragen, was einigermaßen als tragfähiger Baustein verwendbar sein könnte. Ein Versuch, aus den Bruchstücken, in die sich tatsächlich die Evangelien auflösen, das Gebäude neu aufzuführen.“

Die christliche Welt.

**Paulus.** Von Professor Dr. R. Knopf.  
127 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Im Gegensatz zu Bred's Paulus ein wirkliches Volksbuch; klar und fesselnd geschrieben, wissenschaftlich gut begründet, zu weitester Verbreitung geeignet.“

Wt. Zeitschrift für wissenschaftl. Theologie.

Inhalt. 1. Paulus vor seiner Bekehrung; 2. Bekehrung und Anfänge der Missionsarbeit; 3. große planmäßige Weltmission; 4. Gefangenahme in Jerusalem und Überlieferung über die letzten Lebensjahre des Apostels; 5. Paulus Kampf mit den jüdischsten Gegnern; 6. Paulus und seine Mission; 7. seine organisatorische Tätigkeit an den Gemeinden; 8. seine Theologie und Frömmigkeit.



Der schwarze Obelisk  
Salmanassars II.  
Aus Böhrs Einführung.



**Die evangelische Kirche und ihre Reformen.** Von Prof. Dr. F. Niebergall. 167 Seiten. In Originalband Mark 1.25

„Ich wüßte nicht, wie diese zarte und schwierige Aufgabe glücklicher angegriffen und gelöst werden könnte, als es von Niebergall geschieht. Er hat den Theologen ausgezogen, als er die Feder ergriff, und doch verrät jede Seite die gründlichste Kenntnis der geschichtlichen Bedingungen und der gegenwärtigen Lage der Kirche. In seiner Schreibart paßt er sich völlig der Ausdrucksweise gebildeter Laien an und weiß die Probleme ohne alle technische Terminologie klar und plastisch zu bezeichnen. Die Formulierung hat oft etwas herzerfrischend Dastisches.“  
Erich Goerster. Die Christl. Welt.

**Das Christentum im Weltanschauungskampf der Gegenwart.** Von Prof. Dr. A. Hunzinger. 154 S. In Drigh. M. 1.25

„Es ist mit besonderer Freude zu begrüßen, daß der tüchtigste Apologet unserer Kirche in dieser Sammlung zu unserem gebildeten Publikum so sprechen kann. Auch in dieser Darstellung erweist er sich als ein Meister in der Beherrschung des Stoffes und in der künstlerischen Darstellung. Die nüchterne Kritik, die objektive, historische Untersuchung kommen voll und ganz zu ihrem Rechte. Und das Resultat ist, daß die Wucht der Tatsachen überführt und überzeugt und der Wahrheit zum Siege verhilft.“  
Sächs. Kirchen- und Schulblatt.

**Christliche Kunst** vergl. S. 11.

## PHILOSOPHIE / PÄDAGOGIK

**Geschichte der Philosophie.** Von Professor Dr. A. Meffer. Band I. Die antike Philosophie. Band II. Geschichte der neueren Philosophie bis Kant. Band III. Geschichte von Kant bis zur Gegenwart. Je ca. 160 S. In Originalleinenband je M. 1.25

Eine wirklich gemeinverständliche, keinerlei Kenntnis voraussetzende Einführung. Verfasser greift nicht etwa nur die einzelnen wichtigsten großen Philosophen als Höhepunkte philosophischen Denkens heraus, sondern er will uns die gesamte philosophische Entwicklung zeigen, in ihrem geschichtlichen Zusammenhang und ihren Beziehungen zur allgemeinen Kulturlage. Dabei bietet er sowohl eine historische Darstellung wie eine kritische Würdigung.

**Rousseau.** Von Geheimrat Prof. L. Geiger. 131 Seiten mit einem Porträt. In Originalleinenband Mark 1.25

„Der Verfasser zeichnet in fesselnder, leichter Gesprächssprache das Leben und Schaffen des großen Franzosen, seine Schriften werden in kurzen Hauptstücken geboten, seine Stellung zu Theater und Musik gewürdigt, die Frauen aus Rousseaus Umgangskreis genauer betrachtet, ferner sein Leben in seiner Zeit und seiner Stellung zu den Größen jener Epoche dargetan. Kurz, es ist ein echtes Volksbuch, das uns gefehlt hat, und es wird eine Lücke in der Volksliteratur ausfüllen.“  
Die Hfse.



**Immanuel Kant.** Von Privatdozent Dr. E. von Aster. Mit einem Porträt. 136 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„An dem philosophischen System des Königsberger Philosophen kann keiner vorübergehen, der sich irgendwie philosophisch betätigen will . . . Daher freuen wir uns des vorliegenden Werkes, das uns die Anschauungen, die, schwerfällig geschrieben, in den Originalwerken als totes Gut verborgen liegen, klar erschließt und seiner Aufgabe, einer sachlichen Wiedergabe der Kant'schen Probleme und Gedankengänge, gut gerecht wird.“

*Zeitschrift für lat. u. h. Schulen.*

**Die Weltanschauungen der Gegenwart** in Gegensatz und Ausgleich. Von Prof. Dr. E. Wenzig. 158 S. In Origallbd. M. 1.25

„In der vorliegenden Arbeit ergreift nun ein Meister philosophischer Darstellungskunst die Feder. Mit psychologischem Nützlichem bahnt uns Wenzig den Weg in die so verschlungenen Pfade der einzelnen philosophischen Systeme. Bei vorwiegend systematischer Tönung ist das Buch äußerst instruktiv mit historisch-kritischen Anmerkungen durchsetzt. Evolutionismus, Materialismus und Psychologismus sind besonders wirkungsvoll zur Darstellung gebracht.“

*Pädagog. Zeitung.* 34. Jahrgang.

**Einführung in die Psychologie.** Von Prof. Dr. H. Dyroff. 2. vermehrte Aufl. 143 Seiten. In Originalleinenband M. 1.25

„Die das Interesse weitester Kreise der Gebildeten so eng berührenden Gebiete der Psychologie des Sprechens und Denkens, des Gefühls- und Trieb- lebens, des Willens und der Aufmerksamkeit werden beleuchtet und sowohl den Einzeldarstellungen wie auch am Ende dem Ganzen eine geschickt gewählte Auslese aus der umfangreichen und dem Laien so unüberlicklichen psychologischen Literatur hinzugefügt. Stete Anknüpfungen an bekannte Erscheinungen des Lebens und der Kunst . . . berühren den Reuling . . . besonders angenehm, ebenso die Vermeidung einer komplizierten Terminologie und die jedesmalige Erläuterung etwa gebrauchter termini technici.“

*Kölnische Zeitung.*

**Charakterbildung.** Von Professor Dr. Th. Elsenhans. 143 S. In Originalleinenband Mark 1.25

„Die Abhandlung über Charakterbildung von Professor Elsenhans kann zur Dyroff'schen „Einführung in die Psychologie“ als Ergänzung betrachtet werden, welche vom psychologischen Gebiet aufs pädagogische hinüberführt. Das Werkchen von Elsenhans ist aber auch ohne psychologische Vorkenntnisse durchaus verständlich und wird jedem Pädagogen eine Fülle von Anregungen bieten . . . Das Buch vereinigt in so einzigartiger Weise Reichhaltigkeit des Stoffes mit klarer und verständlicher Darstellung, daß jeder Gebildete, vor allem jeder Pädagoge, viel Genuß und Förderung aus der Lektüre gewinnen wird.“

*Pädagog.-psychol. Studien.* Nr. 1. 10. Jahrg.

**Unsere Sinnesorgane** und ihre Funktionen. Von Privatdozent Dr. Mangold. Bgl. S. 25.

**Leib und Seele.** Von Prof. Dr. H. Boruttau. 149 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Bis Darlegungen der nervenphysiologischen und physiologisch-psychologischen Grundtatsachen, wie der Beziehungen zwischen Psychischem und Physischem, sind in möglichst elementarer und allgemeinverständlicher Form gehalten. Jeder Gebildete wird besonders die Kapitel: Nervensystem, Gehirn und Intelligenz, Tier- und Menschenseele, Leib und Seele mit Interesse lesen. Dem Büchlein ist weiteste Verbreitung zu wünschen.“

Deutsche Ärzte-Zeitung.

**Ästhetik.** Vergl. S. 9.

**Prinzipielle Grundlagen der Pädagogik und Didaktik.** Von Prof. Dr. W. Rein. 142 Seiten. In Originalld. M. 1.25

„W. Rein ist einer der tüchtigsten und anerkanntesten Pädagogen unserer Zeit . . . Wenn nun ein solcher Mann sich entschließt, den Reichtum seiner Erfahrungen in einer Schrift, die mehr einem Umriss als einer ausführlichen Darstellung gleicht, in streng systematischer Form niederzulegen, so ist dieses Büchlein von vornherein hoher Beachtung wert. Sonach glaube ich sagen zu dürfen, daß Staatsmänner, Ratsherren, Eltern und Lehrer sehr viel aus dem Büchlein lernen können.“

Geheimrat Muff, Bf. Kreuz-Btg.

**Praktische Erziehung.** Von Direktor Dr. A. Pabst. 123 S. mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Alles in allem haben wir hier ein vortreffliches Buch, das man mit größtem Vergnügen liest und jedem aufs wärmste empfehlen kann, dem Fachmann wie dem Laien. Einige Kapitel, wie das dritte, seien den Eltern besonders zur Lektüre empfohlen, sie finden da goldene Worte. Ich bin überzeugt, das Schriftchen wird sich viele Freunde erwerben.“

Zeitschrift für das Gymnasialwesen.

Aus dem Inhalt: Zur Einführung. Die ersten Anfänge, Macht und Grenzen der Erziehung. Zögling und Erzieher. Erziehung vor und während der ersten Schulzeit. Naturgemäße Erziehung. Psychologische und pädagogische Begründung der Notwendigkeit des praktischen Unterrichts. Zeichnen, Handarbeit und Beobachtungsunterricht. Erweiterung der Aufgabe der Schule und Leben.



Gartenbau im Vnderziehungshelm Ilfenburg am Harz.

# SPRACHE / LITERATUR

**Unser Deutsch.** Einführung in die Muttersprache von Geh. Rat Prof. Dr. Friedrich Kluge. **2. Auflage.** 158 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Das Büchlein darf als eine vortreffliche Belehrung über das Wesen der deutschen Sprache freudig begrüßt werden. Es enthält zehn zwanglose, aber wohl zusammenhängende Kapitel, die sich gleichmäßig durch sichere Beherrschung des Stoffes, klare Entwicklung der Probleme und Geseze und frische Anschaulichkeit der Darstellung auszeichnen. Diese Vorzüge machen die Schrift, zumal an Belegen und Proben nicht gespart wird, zu einer anziehenden Lektüre für jeden Gebildeten. Aber auch der Fachmann wird den Ausführungen nicht ohne Genuß und Gewinn folgen. Man sieht, wie der Verfasser aus eigener reicher Erfahrung heraus seine Ansichten und Forderungen formuliert und bemüht ist, zukünftiger Forschung den Boden zu bereiten.“

D. Z. Lit. Zentralbl. f. Deutschland.

**Lautbildung.** Von Prof. Dr. L. Sütterlin. 191 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„... Eine ganz vortreffliche Orientierung bietet S. mit dem vorliegenden Büchlein. Der behagliche Fluß der Rede vereinigt sich mit Klarheit und Anschaulichkeit der Darstellung, so daß auch der Fernerstehende mit Verständnis folgen kann. Fremdartige wissenschaftliche Ausdrücke werden möglichst vermieden, gut gewählte und oft amüsante Beispiele aus dem Deutschen und seinen Dialekten unterstützen die theoretischen Ausführungen.“

Univ.-Prof. Dr. Albert Thumb. Frankf. Zeitung.

**Das Märchen.** Von Prof. Friedrich von der Leyen. 154 S. In Originalleinenband Mark 1.25

„Der Verfasser gehört zu den feinsten Kennern dieses Literaturgebietes. Er führt uns durch die Märchenschätze der Kultur- und Naturvölker, läßt uns einen Blick tun in die Geschichte und die Aufgabe der Märchenforschung. Er zeigt uns die Entstehung des Märchens aus den Vorstellungen, dem Glauben und den Einrichtungen der Urzeit, verfolgt seine Spuren und Hinterlassenschaft bei den Babyloniern, Ägyptern, Juden, den Griechen und Römern, beschäftigt sich eingehend mit den Märchen der Indier, Perser und Araber. Ein besonders interessantes Kapitel ist dem deutschen Märchen gewidmet, dessen Weiterbildung durch die Jahrhunderte wir kennen lernen.“

Berl. Morgenpost.

**Der Sagenkreis der Nibelungen.** Von Prof. Dr. G. Holz. 131 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Dem jungen Studiosen, der sich zum ersten Male mit den Fragen vertraut machen will, die sich an das Nibelungenlied anknüpfen, dürfte es eine ebenso willkommenen Gabe sein wie dem Schulmannne, der vor der Lektüre des Liedes mit seinen Zöglingen das Bedürfnis fühlt, in wenigen Stunden auch die neuesten Ergebnisse der Forschung auf diesem Gebiete vor sich vorüberziehen zu lassen.“

Neuphilologische Blätter.



**Lessing.** Von Geheimrat Prof. Dr. R. M. Werner. 159 S. mit einem Porträt. In Originalleinenband Mark 1.25

„Eine vorzügliche und zugleich eine mit der Gabe knapper und klarer Anweisung ausgestattete Führerin wird dabei R. M. Werners kurze Lessingbiographie sein. Auf 159 Seiten erhalten wir eine Fülle von Anregungen in stilistisch fein abgerundeter Form. Wir begleiten den Dichter und Schriftsteller durch alle Stufen seines reichen Wirkens. Den mutigen, eisernen Charakter, den kraftvollsten Autor unserer Literatur lernen wir kennen in dem geradezu spannend geschriebenen Buche, das uns nicht wieder losläßt, wenn wir uns ihm einmal gewidmet haben. Und dabei ist mit dem Leben Lessings seine Dichtung beständig verwoben und ebenso Lessings Glaube und Wissen mit den Schöpfungen seiner Dichtkunst“

Gef. Rat A. Matthias, Berlin. Monatschrift für höhere Schulen.

**Das klassische Weimar.** Von Professor Friedrich Lienhard. 161 Seiten mit Buchschmuck. In Originalleinenband Mark 1.25

„Als treuer Hüter steht Fritz Lienhard am Tor des Gralttempels der idealistischen Weltanschauung unserer klassischen Kunst von Weimar. Und mit tiefen Begeisterungen, mit priesterlicher Weihe, mit echter Wärme, ein wahrhaft Gläubiger, weist er uns immer wieder hin auf das einzig Eine, was uns not tut: daß wir die Seele, das Wesen dieser Weimarer Kultur uns wahrhaft innerlich aneignen und das ganze tiefe Empfinden, die Sicherheit und Gewißheit von ihrer vollkommenen und höchsten Schönheit und Wahrheit in uns erfahren. In großen Linien zeichnet er den Entwicklungsgang, den Aufstieg von Friedrich dem Großen und Klopstock bis zur Vollendung in Goethe, und legt den Wert und die Bedeutung der Führer in ihren Besonderheiten dar.“

Julius Hart. Der Tag.

**Goethe und seine Zeit.** Von Professor Dr. R. Alt. 154 S. mit einem Porträt. In Originalband Mark 1.25

„Dieser Aufgabe wird das vorliegende kleine Buch des bekannten Goetheforschers in hervorragender Weise gerecht. Es ist keine neue Biographie, deren wir schon allzu viele besitzen; sondern ein trefflicher Überblick über Goethes Entwicklung im Zusammenhang seiner Zeit, ein Führer durch Goethes Werke und ihre Beziehungen zu Goethes Leben.“

Wiener Allgem. Stg.

„Solche Bücher sind gerade innerhalb der ungeheuer angeschwollenen Goetheliteratur von großem Wert. Denn sie zwingen uns aus der Unmasse des Materials zurück zu einer Zusammendrängung aufs Wesentliche und Versuch, das Dauernde aus der Erscheinungen Flucht festzuhalten.“

Der Thürmer. Jan. 1912.

**Heinrich von Kleist.** Von Prof. Dr. H. Koettken. 152 S. Mit einem Porträt. Gebunden Mark 1.25

„Eine treffliche, auf selbständiger Forschung ruhende Zusammenfassung unseres Wissens über Kleist wird hier geboten. Die knappen Analysen und ästhetischen Wertungen der Dichtungen enthalten eine Fülle des Anregenden; vorzüglich wird das echt Kleistische in den Gestalten des Dichters veranschaulicht und ein Begriff von seinen psychologischen und stilistischen Ausdrucksmitteln gegeben.“

Dr. Königsberger Allgem. Zeitung.



# KUNST

**Einführung in die Ästhetik der Gegenwart.** Von Prof. Dr. E. Neumann. 2., verbesserte u. vermehrte Aufl. 180 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Deshalb wird man eine so klar geschriebene kurze Zusammenfassung aller ästhetischen Bestrebungen unserer Zeit mit lebhafter Freude begrüßen müssen. Die gesamte einschlägige Literatur wird vom Verfasser beherrscht. Man merkt es seiner elegant geschriebenen Darstellung an, wie sie aus dem Vollen schöpft. Gerade für den, der in die behandelten Probleme tiefer eindringen will, wird Neumanns Werkchen ein unentbehrlicher Führer sein.“

Strasburger Post.

„Jeder, der sich mit diesem Gegenstande befaßt, muß zu dem vorliegenden Buche greifen, denn eine Autorität wie Neumann kann nicht übergangen werden.“

Essen und Schaffen, Jahrgang 35.

**Das System der Ästhetik.** Von Prof. Dr. E. Neumann. In Originalleinenband M. 1.25

Während der Leser in der „Einführung“ die Hauptprobleme der Ästhetik und ihrer Methoden, nach denen sie behandelt werden, kennen lernt, gibt der Verfasser hier eine Lösung dieser Probleme, indem er seine Anschauungen in systematischer, zusammenhängender Form darlegt.

**Musikalische Bildung und Erziehung zum musikalischen Hören.** Von Privatdozent Schering. 110 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

zum mu-  
Dr. Arnold

„Mit einem ungemein sicheren pädagogischen Takte werden wir von Abschnitt zu Abschnitt immer tiefer in das Verständnis der Musik eingeführt . . . So wüßten wir für den bildungsfähigen Laien keine bessere Anregung zu eigenem Nachdenken und gesteigerter Vertiefung in die Meisterwerke der Tonkunst, wie dieses Buch. Es ist ein Bademeikum im besten Sinne für jeden Musikkfreund und alle, die es werden wollen, zugleich aber auch ein wertvoller Beitrag zur praktischen Musikästhetik.“

Deutsche Musikdirectoren-Zeitung.  
Nr. 41. 18. Jahrgang.



Rüchertafel aus Trier. Aus Bithum.

**Grundriß der Musikwissenschaft.** Von Prof. Dr. phil. et mus. Hugo Riemann. 160 S. In Originalleinenband M. 1.25

„Ein phänomenales Büchlein, auf 160 Seiten eine zusammenfassende, in bewunderungswürdiger Übersichtlichkeit aufgerollte Darstellung der gesamten Musikwissenschaft, eine Enzyklopädie von nie dagewesener Konzentration eines ungeheuren Stoff- und Ideengebietes! Der berühmte Leipziger Musikgelehrte . . . behandelt in dieser seiner erstaunlichen Arbeit den ganzen Komplex von Wissenschaften, die dienend oder selbständig in ihrem Zusammenschluß die moderne Musikwissenschaft bilden; . . . Beiden, Musiker wie Musikkreund, kann Riemanns Grundriß der Musikwissenschaft als ein Buch von starkem Bildungswert nicht warm genug empfohlen werden.“  
Hamburger Nachrichten.

**Mozart.** Von Professor Dr. Herm. Freih. von der Pfordten. 159 S. Mit einem Porträt v. Doris Stock. In Origbbd. M. 1.25

„Das Mozartbüchlein unterscheidet sich durch die lebendige und anschauliche Art, wie in ihm das Leben und Schaffen des göttlichen Mozart dargestellt wird, von vielen der in letzter Zeit erschienenen Musikermonographien aufs vorteilhafteste. Wenn der Verfasser in der Einleitung vielleicht nicht ganz mit Unrecht sagt, daß Mozart, insolge einer mangelnden Kenntnis des von ihm Geschaffenen, bei aller vermeintlichen Hochachtung schief und einseitig beurteilt wird, so ist gerade das vorliegende Werk geeignet, auf dem Wege zur richtigen Erkenntnis des Menschen und Künstlers Mozart ein sicherer Führer zu sein.“  
Allgem. Musikzeitung.

**Beethoven.** Von Prof. Dr. Herm. Freih. von der Pfordten. 151 S. Mit einem Porträt v. Prof. Stuck. In Origbbd. M. 1.25

„Ein treffliches Buch, das die Fach- und Sachkenntnis des geistreichen Autors glänzend dokumentiert. Dieser hat damit ein Werk geschaffen von einzigartiger Natur, indem er bei aller Fülle des Gebotenen doch nur anregt, sich mit dem großartigen „Beethoven-Material“, sowohl dem biographischen, wissenschaftlichen und musikalischen, näher zu beschäftigen und damit der Oberflächlichkeit mancher Musikfreunde und Unwissen entgegenarbeitet. Wahrlich ein hervorragendes Verdienst, das nicht genug anzuerkennen ist.“  
J. S. Musikal. Rundschau. 4. Jahrg.

**Richard Wagner.** Von Privatdoz. Dr. E. Schmitz. 150 S. mit einem Porträt. In Originalleinenband Mark 1.25

„Die Absicht des Verfassers, in kurzen Zügen ein lebensvolles Bild von dem Wirken und Schaffen des großen Dichterkomponisten zu entwerfen, ist ihm voll und ganz gelungen. Noch mehr, eine Reihe psychologischer und historischer Momente, welche von entscheidender Bedeutung bei der Beurteilung Wagners und seiner Werke sind, treten neu hinzu und dienen als orientierende Fingerzeige für den beobachtenden Leser. In fünf Kapiteln zeigt der Verfasser Wagner als Musiker und großen Dramatiker, als Dichter und Komponist zugleich. Die Grundlage hierzu bieten ihm die Wagnerischen Werke. Möge dieses Büchlein der Popularisierung R. Wagners und seiner Kunst dienen.“  
Cäcilia.

**Christliche Kunst.** Von Superintendent R. Bürkner. 160 S.  
In Originalleinenband Mark 1.25

„Hier haben wir aus der Feder eines durchaus kompetenten Kunstkenners einen gedrängten Überblick über die Kunstgeschichte und deren Entwicklung im Dienst der Kirche vom Altertum bis zur Gegenwart, der die ästhetische Bedeutung der einzelnen Zeitalter und Meister darzustellen und zu werten gesucht und auf die mannigfache Beeinflussung aufmerksam macht, die von christlicher Seite her auf die Entfaltung der bildenden Künste eingewirkt hat. So kann sich jeder die Grundlagen kunsthistorischen Verständnisses mühelos verschaffen, der sich das vorliegende Büchlein zum Führer erwählt. Und wir werden seinen knappen Ausführungen zumeist zustimmen können. . . . Wir können diesen kundigen Führer durch die Kunstgeschichte deshalb warm empfehlen.“

Evangel. Kirchenzeltung. Nr. 21. 1911.

**Christliche Kunst im Bilde.** Von Prof. Dr. Georg Graf Bithum. 96 Tafeln mit ca. 180 Abbildungen und 64 Seiten Text. In Originalband Mark 1.25

„Wer auch nur eine Vorstellung hat von der unendlichen Fülle der uns erhaltenen Kunstwerke christlichen Inhalts und kirchlicher Bestimmung, der wird bewundern, mit welchem hervorragenden Geschick der Verfasser es verstanden hat, uns in ungefähr 180 Bildern die christliche Kunst an ihren charakteristischsten Beispielen vorzuführen, und uns zu zeigen, wie vielseitig und verschiedenartig das Christentum im Laufe der Zeiten die Kunst für seine Zwecke verwendet hat. Auch wer eine umfangreiche Kunstgeschichte durcharbeitet, dürfte kaum ein klareres Bild der christlichen Kunst erhalten, wie aus diesem prächtigen Bändchen, das sich ebenso durch seine mit großem Sachverständnis ausgewählten und mit feinem ästhetischem Gefühl zusammengestellten Abbildungen, wie durch die lebendige, packende Fassung des erklärenden Textes auszeichnet.“

Der Kunstfreund.



Dürer: Flucht aus Ägypten (Auschnitt). Aus Bithum.



# GESCHICHTE

**Eiszeit und Urgeschichte des Menschen.** Von Prof. Dr. J. Pöhlig. 150 S. m. zahlr. Abb. **2. Aufl.** In Originalbld. M. 1.25

„Ein Bild der prähistorischen Eiszeit stellt der Verfasser vor unserm Geist auf, wie es kürzer und einleuchtender dem Laien wohl selten geboten wurde. . . . Einfach im Stil und doch anregend genug, um selbst Menschen, die sich auf diesem Gebiete der Wissenschaft fremd und unbehaglich fühlen, fesseln zu können.“

R. M. Natur u. Haus. 16. Jahrg.

**Die Indogermanen.** Von Prof. Dr. D. Schrader. 160 S. mit zahlr. Abbildungen auf Tafeln. In Originalleinenbld. M. 1.25

„Mit Freude ist es zu begrüßen, daß sich D. Schrader entschlossen hat, eine knappe und durchaus gemeinverständlich gehaltene Zusammenfassung des von ihm für richtig Gehaltenen zu liefern. Wir erfahren alles Wissenswerte über das indogermanische Urvolk, dessen Stämme, Wirtschaftsform, Siedlungsweise, Handel und Gewerbe, Nahrung (nebst Trant), Familien- und Sippenverfassung, Blutrache, Religion, Heimat usw. Dabei kommen so ausschlaggebende Dinge zur Sprache, wie die Geltung von Vater- und Mutterrecht einschließlich der Stellung der Frau, das Verhältnis von Viehzüchter- und Ackerbauertum, die Beziehungen von Geisterverehrung und Götterglauben usw.“

Neue Jahrbücher.

**Altorientalische Kultur im Bilde.** Von Dr. J. Hunger und Dr. H. Lamer. 96 Taf. u. 64 S. Text. In Origb. M. 1.25  
Der alte Orient, dessen Erforschung man sich in den letzten Jahrzehnten immer mehr zugewandt und der uns eine ganz neue Welt erschlossen hat, erstreckt hier in seinen wichtigsten Kulturdenkmälern vor den Augen des Lesers. Das religiöse, staatliche und bürgerliche Leben der Ägypter und Babylonier, der kleinasiatischen Völker, der Phoeniker und Perser wird im Bilde vorggeführt: die Götter und Dämonen, die heiligen Tiere und Göttersymbole, Tempel: Priester und Kultur, dann die Herrscher und ihre Paläste, ihre Krieger und Jagden, Beamte und Staatsverwaltung, endlich Haus und Hof, Haus- und Toilettegeräte, Spiel und Vergnügen, Handel und Wandel, Ackerbau und Handwerk, Tod und Grab.

**Die babylonische Geisteskultur** in ihren Beziehungen zur Kulturentwicklung der Menschheit. Von Prof. Dr. H. Winckler. 156 Seiten. Gebunden Mark 1.25

„Das kleine Werk behandelt die Fülle von Material, wie wir es nunmehr zur altorientalischen Weltanschauungslehre besitzen, in übersichtlicher und zugleich fesselnder Weise; es wird jedem Leser, der sich für diese Fragen zu interessieren begonnen hat, ungemein nützlich werden.“

E. M. Norddtiche. Abg. Btg.

Schmuckkette  
aus Zähnen.



Aus Schrader.



## Die ägäische Kultur. Von Prof. Dr. K. von Lichtenberg. 160 Seiten mit zahlr. Abbildungen. In Originalband Mark 1.25

„Die neuen Funde auf Korfu haben wieder die Aufmerksamkeit weitester Kreise auf jene eigentümlich altgriechische Kultur gelenkt, die uns bisher die großartigen Ausgrabungen Schliemanns, Dörpfelds u. a. in Troja, Mykenä, auf Kreta und auch sonst im Mittelmeergebiet erschlossen, und die uns ein Bild geben von der Homerischen Welt. Wohl haben wir eingehende Darstellungen der einzelnen Ausgrabungsstätten und wissenschaftliche Beschreibungen der hervorragenden Funde. Aber uns fehlt eine für den Laien bestimmte, gemeinverständliche Übersicht über die gesamte Kultur Alt-Griechenlands, die wir heute bereits bis ins dritte vorchristliche Jahrtausend zurückverfolgen können. In diese Lücke will das vorliegende, trefflich illustrierte Bändchen treten.“

Reichsanzeiger.



Goldring von Mykenä.  
Aus Lichtenberg.

## Griechische Kultur im Bilde. Von Dr. Hans Lamer. 96 Tafeln u. 64 Seiten Text. In Originalleinenband Mark 1.25

„Man weiß nicht, soll man mehr die Reichhaltigkeit und Schönheit der Abbildungen sowie ihre treffliche Auswahl rühmend hervorheben oder die Geschicklichkeit des Verfassers, auf so knappem Raum in den Erläuterungen so reiches Material in übersichtlicher Ordnung zu bieten und ein so anschauliches Bild vom Kulturleben der Griechen zu entwerfen. . . . In sehr anregenden Einzelartikeln führt uns der gelehrte Verfasser in allen Seiten des griechischen Kulturlebens ein und zeigt uns, wie viele Fäden die Gegenwart mit dem Griechentum verbinden. Besonders lehrreich sind die Blicke ins Privatleben und die technischen Errungenschaften der Griechen.“

Mugsburger Postzeitung.

## Vom Griechentum zum Christentum. Von Professor Dr. A. Bauer. 160 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Das sehr anregende und lesenswerte Büchlein beginnt mit einigen handgreiflichen Beispielen des Fortlebens antiker Kultur in der Gegenwart, die den Laien auf die tieferen geschichtlichen Zusammenhänge vorbereiten, und bezeichnet man den Hellenismus als die Epoche der griechischen Geschichte, die auf den modernen Staat und auf das Christentum den stärksten Einfluss ausgeübt hat. Das gedankenreiche Buch wird auch dem Forscher von Wert sein, und man lernt aus ihm auch, wo man die Urteile nicht unterschreibt oder wo man anders nuanciert.“

Theol. Literaturzeitung.



Griechische Gliederpuppe. Aus Lamer, Griechische Kultur.



Relief vom Grabmal des Engros-Brotlieferanten Eurysares.  
Ablieferung des Brotes an Beamte (Ausschnitt). Aus Lamer.

**Römische Kultur im Bilde.** Herausgegeben und mit Erläuterungen versehen von Oberlehrer Dr. H. Lamer. 175 Abbildungen auf 96 Tafeln und 64 Seiten Text. In Originalleinenbd. M. 1.25

„Dieser in der ausgezeichneten Sammlung erschienene Band verdient warme Empfehlung. Es ist ein ganz vorzügliches Mittel, Kulturgeschichte zu treiben, auf diese Weise durch eine Fülle von Bildern des gesamten Lebens zur Anschauung zu bringen und dann nur das Nötigste im Worte hinzuzufügen. Hier sind Abbildungen gegeben, in denen Religion und Kultus, Theater, Zirkus, das ganze öffentliche Leben mit den öffentlichen Gebäuden, die Privatarchitektur, Kunst und Kunstgewerbe, Privatleben, Handel und Gewerbe, Bestattung — kurz das ganze Leben vor uns vorüberzieht. Die Wahl der Bilder zeugt für eine genaue Kenntnis.“  
Der Tärmer.

**Zur Kulturgeschichte Roms.** Von Professor Dr. Th. Birt. 2. verbesserte u. vermehrte Auflage. 163 S. In Origllbd. M. 1.25

„Birt ist nicht nur ein gründlicher Kenner der Antike, sondern auch ein glänzender Schriftsteller. Farbenprächtige, lebensdurchpulsste Bilder zaubert er vor unser geistiges Auge. Wir durchwandern mit ihm die Straßen des alten Roms, bewundern die privaten und öffentlichen Bauten und beobachten im Gewühl die vorbeislutende Menge.“  
Bosfische Zeitung.

**Das alte Rom.** Sein Werden, Blühen und Vergehen. Von Professor Dr. E. Diehl. 126 S. Mit zahlreichen Abbildungen und 4 Karten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Rom, sein Werden, Blühen und Vergehen von den ersten Anfängen bis zum Ende des weströmischen Reiches lernen wir hier kennen an Hand einer klaren Darstellung, unterstützt von Bildern und Karten. . . Nicht nur dem Italienreisenden, sondern jedem, der sich mit römischer Geschichte befaßt oder kunstgeschichtliche Studien treiben will, wird das Büchlein von Wert sein.“  
Der Architekt.

**Cäsar.** Von Hauptmann Georg Weith. 190 Seiten. Mit einem Porträt und Kartenskizzen. In Originalleinenband Mark 1.25

Die Geschichte des Mannes, der wie kein Zweiter die Schicksale einer Kulturwelt in neue und bleibende Bahnen gelenkt hat, gehört zu den fesselndsten Kapiteln der Weltgeschichte. Ihm ist dieses Bändchen gewidmet. Cäsars Aufstieg, sein Wirken auf der Höhe seiner Macht und seinen Sturz, dieses Heldentum und seine Tragik läßt Verfasser an uns vorüberziehen.

**Westdeutschland zur Römerzeit.** Von Prof. Dr. Dragendorff. Cirka 160 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

Die Zeit der römischen Okkupation war für Deutschlands kulturelle Entwicklung von unermesslicher Bedeutung. Die Bedingungen klarzulegen, unter denen sich durch die Mischung des einheimischen und römischen Elements eine provinziale Kultur entwickelt und die Verschiedenheit zu erklären, die zwischen dem inneren Germanien und den Provinzen an der römischen Militärgrenze entstanden, bildet eine Hauptaufgabe dieses Bändchens. Es schildert, wie sich unter römischer Einwirkung städtisches Leben, Handel und Verkehr, Kunst und Handwerk entwickelte und was aus dieser Zeit an Reimen nach Deutschland getragen wurde, um hier sich weiter zu entwickeln. Andererseits wird mit besonderem Nachdruck hervorgehoben, wie überall auch das einheimische Element zur Geltung kam und diese Zeit somit nicht nur ein Stück auf deutschem Boden verpflanzte römische Geschichte sondern zugleich deutsche Kulturgeschichte ist.

**Grundzüge der Deutschen Altertumskunde.** Von Prof. Dr. H. Fischer. 143 S. In Originalleinenband M. 1.25

„Wer künftig sich darüber unterrichten will, welches die Hauptfragen sind, die die deutsche Altertumskunde zu beantworten hat, welche verschiedene Umfragen dabei zu berücksichtigen sind, der greife zu Fischers Büchlein. Er wird hier seine Wünsche erfüllen können. Mit diesen Worten ist dem Buche eine Empfehlung erteilt, die man in der Tat sonst keinem anderen Werke der gesamten wissenschaftlichen und populären Literatur auf dem Gebiete der deutschen Altertumskunde zuteil werden lassen kann. Fischer hat Recht, wenn er in dem Vorwort betont, daß es eine andere Darstellung des ganzen Gegenstandes zurzeit nicht gibt.“

Prof. Dr. Lauffer. Frankfurter Zeitung.

100.

Band

### **Deutsche Kultur des Mittelalters im Bilde.**

100.

Band

Von Privatdozent Dr. Paul Herre. 112 schwarze und eine farbige Kunstdrucktafel mit über 200 Abbildungen und 64 Seiten Text. In Originalleinenband Mark 2.50

1000 Jahre deutscher Kulturentwicklung ziehen in diesem neuesten Bilderatlas — das 100. Bändchen der Sammlung — in Bild und Wort an uns vorüber. Jede Seite mittelalterlicher Kultur wird in mindestens einem Beleg vorgestellt. Der Betrachter durchwandert an Hand der Abbildungen und des erläuternden Textes die Gebiete des Staatslebens, des Kriegs- und Verkehrslebens, der Kunst in all ihren Verzweigungen, des Erziehungs- und Bildungswesens, der Wissenschaften und Technik. Er läßt das Leben und Treiben der einzelnen Stände an sich vorbeiziehen: die Geistlichkeit in ihrem priesterlichen Wirken und ihrem klösterlichen Dasein, den Adel in seiner ritterlichen Betätigung, das Bürgertum der deutschen Städte in seinem gewerblichen und kommerziellen Schaffen; den Bauernstand in seiner dörflichen Umgebung und seiner agrarischen Tätigkeit; und schließlich auch die fahrenden Leute mit ihrem unregelmäßigen Leben auf der Landstraße und dem Jahrmarkt. Kurz, ein überreiches Leben staatlicher, wirtschaftlicher und geistiger Betätigung unserer Vorfahren.



**Kulturgegeschichte der Deutschen im Mittelalter.** Von Prof. Dr. G. Steinhäusen. 183 Seiten. In Drigllbb. M. 1.25

„In diesem übersichtlichen Rahmen bietet der aus dem Vollen schöpfende Verfasser eine sorgfältige Auswahl der Charakteristischsten Einzelheiten aus der Entwicklungsgeschichte unseres Volkes, lebendig schildernd und zu tiefergehendem Studium verlockend . . . Aus der ganzen Darstellung leuchtet die Freude des Verfassers an dem unaufhaltsamen Fortschreiten edler Menschlichkeit hervor. Es kann daher jedem Freunde der deutschen Geschichte als zuverlässiger Berater empfohlen werden.“ Wissenschaftl. Rundschau.

**Kulturgegeschichte der Deutschen in der Neuzeit.** Von Prof. Dr. G. Steinhäusen. 162 Seiten. In Driginalleinenbb. M. 1.25

„Vielleicht noch mehr wie bei der vor kurzem erschienenen Kulturgegeschichte des Mittelalters muß man bewundern, welche Fülle von Stoff der Verfasser, der als Autorität auf dem Gebiete der Kulturgegeschichte anerkannt ist, hier auf engem Räume gemeistert hat. Die weitausschauende und tiefgreifende Darstellung, die überraschend viel Neues bringt, zeigt uns, wie der Deutsche zu einem modernen Kulturmenschen geworden ist.“

Berliner Neueste Nachrichten.

**Die deutsche Revolution (1848).** Von Professor Dr. E. Brandenburg. 143 Seiten. In Driginalleinenband Mark 1.25

„Die vorliegende, bei aller Knappheit überaus instruktive Darstellung bietet ein eindrucksvolles Bild jener gewaltigen Volksbewegung, deren Ursprung sich aus den Ideen der großen französischen Revolution und aus dem Geistesleben des vormärzlichen Deutschland erklärt und deren Verlauf und Scheitern sowohl im Reiche als in den Einzelstaaten zu den wichtigsten Episoden der deutschen Geschichte gehört. Das letzte Kapitel über die Bedeutung der Revolution für die wirtschaftlichen, sozialen und geistigen Fragen deckt die Verbindungslinie der achtundvierziger Zeit mit der Gegenwart auf. Möge das Büchlein zahlreiche Leser finden, deren Bestreben dahin geht, die Grundlagen ihres historischen und politischen Verständnisses zu verstärken.“

National-Zeitung.

Feldbestellung.  
Aus Herre, Kulturgegeschichte.





**Seehelden und Admirale.** Von Vize-Admiral H. Kirchhoff. 136 S. mit 6 Tafeln. In Originalleinenband Mark 1.25  
 „Dies Bändchen verfolgt in der glücklichsten Weise einen doppelten Zweck. Es erzählt uns die höchst spannenden und abenteuerreichen Lebensschicksale großer Männer, Schilderungen von hohem, biographischem Reize, und gibt in seiner Gesamtheit zugleich eine Entwicklungsgeschichte der Flotte von den Trieren der Griechen bis zu den Panzerschiffen der Gegenwart.“  
 Berliner Tageblatt.

**Der Kampf um die Herrschaft im Mittelmeer.** Von Priv.-Doz. Dr. P. Herre. 180 Seiten. In Originalleinenband M. 1.25  
 „Aus diesem Überblick wird klar, daß der Verfasser den Anforderungen einer übersichtlichen Anordnung des Stoffes und einer gleichmäßigen Berücksichtigung der wesentlichen Entwicklungsmomente vollaus gerecht geworden ist. In letzterer Hinsicht hat er neben der politischen überall auch die kommerzielle Entwicklung geschildert, wie er auch die Rassen- und Kulturprobleme ins rechte Licht zu setzen verstanden hat.“  
 Deutsche Literaturzeitung.

**Die Kultur der Araber.** Von Prof. Dr. H. Hell. 154 S. Mit 2 Tafeln und zahlr. Abb. In Originalleinenband M. 1.25  
 „Diese kurz und straff zusammengefaßte Darstellung, die trotzdem anschaulich und lebendig zu schildern weiß, darf mit großer Freude willkommen geheißen werden. . . . So lohnt es sich in der Tat, sich hier in die Vergangenheit zu versetzen, und der Verfasser hat es trefflich verstanden, uns durch Wort und Bild immer neue Seiten der Kultur zu erschließen. J. E. Hamburg. Nachricht.

**Mohammed und die Seinen.** Von Prof. Dr. H. Reckendorf. 138 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25  
 „Unter den in jüngster Zeit sich mit erfreulichem Fortschritt mehrenden Darstellungen der islamischen Anfänge für weitere Kreise nimmt dieses Buch eine ganz hervorragende und besondere Stelle ein.“  
 R. Beyer, Wiener Zeitschrift für die Kunde des Morgenlandes. Bd. 21.

**Die Polarvölker.** Von Dr. H. Byhan, Abteilungsvorstand am Museum für Völkerkunde, Hamburg. 148 Seiten mit ca. 200 Abbildungen, 2 Karten. In Originalleinenband Mark 1.25  
 „In instruktiver und verhältnismäßig reichhaltiger Darstellung führt der Verfasser die Völker des hohen Nordens in ihrer materiellen und geistigen Kultur vor. . . . Die Tafeln enthalten etwa 200 gut ausgewählte Abbildungen nach den besten Vorlagen. . . . Solche allgemeinverständlich und lesbar gehaltenen und die doch wissenschaftliche Verlässlichkeit wahren den Schriften wie diese können der Völkerkunde nur nützlich sein.“  
 Globus. Bd. 96.



Gundeschlitten, Ostjaken. Aus Byhan.



Gundeanspannung, Inuit.

# BÜRGERKUNDE VOLKSWIRTSCHAFTSLEHRE

**Politik.** Von Prof. Dr. Fr. Stier-Somlo. 2. Aufl. 170 S.  
In Originalleinenband Mark 1.25

„In großen Zügen, stets die historischen Zusammenhänge herausarbeitend, gibt es die Grundlinien einer wissenschaftlichen Politik, und in fesselnder Weise ziehen am Leser die Grundprobleme der für jede politische Bildung unentbehrlichen Staatslehre vorüber . . . Alle unsere Zeit bewegenden politischen Ideen kommen zur Sprache.“

Commentusblätter für Volkserziehung. 16. Jahrgang.

**Einführung in die Rechtswissenschaft.** Von Professor Dr. G. Radbruch. 135 Seiten mit 2 Portr. In Originalbld. M. 1.25

„In einer Zeit, in der man mit Recht bürgerkundliche Kenntnisse zu einem wesentlichen Bestandteil unserer allgemeinen Bildung zählt, ist uns eine Einführung in die Rechtswissenschaft besonders willkommen . . . Es würde zu weit führen, hier eingehend die Fülle der in diesem Buche enthaltenen Probleme aufzuzählen. Wir können nur wünschen, daß es von vielen gelesen wird.“

Deutsche Beamtenzeitung. 33. Jahrgang.

**Unsere Gerichte** und ihre Reform. Von Prof. Dr. W. Risch. 171 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Ein prächtiges Büchlein, das Wesen und Aufgabe unserer Gerichte gemeinverständlich darstellt und zu den Reformfragen in so trefflicher, überzeugender und sachlicher Weise Stellung nimmt, daß ich es im Interesse des Ansehens und deren Organe gerne jedem Deutschen in die Hand geben möchte.“

Das Recht.

**Die deutsche Reichsverfassung.** Von Geh. Rat Professor Dr. Ph. Zorn. 126 Seiten. In Originalband Mark 1.25

„Die vorliegende gemeinverständliche Schrift des hervorragenden Bonner Rechtsgelehrten macht den Leser in leichtfaßlicher, klarer und prägnanter Darstellung mit dem Wesen der deutschen Reichsverfassung bekannt . . . Als willkommene Beigabe ist dem sehr zu empfehlenden, vom Verlage vorzüglich ausgestatteten und preiswerten Schriftchen ein kurzer Überblick über die Literatur des Reichsstaatsrechts angegliedert.“

Literarisches Zentralblatt.

**Unsere Kolonien.** Von Geh. Ober-Reg.-Rat Dr. H. Schnee, Ministerialdirektor im Kolonialamt. 196 S. In Driglbld. M. 1.25

„Der Leser findet hier vor allem das vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt Wesentliche, auf amtliches Material gegründete Angaben über den gegenwärtigen Stand der Besiedelung und der Plantagenwirtschaft, des Bergbaues, des Handels und der Eingeborenenproduktion, des Eisenbahnbaues, der Finanzen und der Verwaltungsorganisation unserer Schutzgebiete.“

Deutsches Kolonialblatt. 19. Jahrgang.

**Die Haupttheorien der Volkswirtschaftslehre.** Von Prof. Dr. D. Spann. 140 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Die kleine Schrift scheint mir zu den wertvollsten Veröffentlichungen der ja im übrigen rühmlich bekannten Sammlung zu gehören. Ihre Hauptbedeutung liegt in der Anwendung der dogmengeschichtlichen Methode, die ähnlich in philosophischen Werken schon immer gewählt worden ist, auf die national-ökonomische Wissenschaft . . . diese Methode hat den Vorteil, den Lernenden nicht auf einen Standpunkt einzuschwören, das Verständnis für die relative Berechtigung der einzelnen Theorien in ihm lebendig zu machen und ihn damit zugleich anzuleiten: immer wieder von der Wirklichkeit und ihren Problemen selber auszugehen, die immervärende Rückkehr zu den Tatsachen als den wahren Weg der Forschung zu erkennen. Ich empfehle das Büchlein sehr zur Anschaffung.“

Ademische Blätter. 26. Jahrg.

**Volkswirtschaft und Staat.** Von Prof. Dr. E. Kindermann. 128 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Mit Recht weist der Verfasser im Vorwort auf die Wichtigkeit des Verständnisses der Wechselwirkung zwischen Staat und Volkswirtschaft für unsere Allgemeinbildung hin. Sein Büchlein will vor allem über die verschiedene Stellung der Volkswirtschaft zum Staat im Laufe der Jahrhunderte orientieren. In seiner allgemeinverständlichen klaren Darstellung gibt es einen Einblick in die Mitarbeit der Volkswirtschaft an staatlichen Zielen, vor allem im Staatswesen und in die Mitwirkung des Staates an der volkswirtschaftlichen Tätigkeit, und zwar seine direkte durch Eigenproduktion und seine indirekte durch allgemeines Ordnen und Pflegen und durch besondere Förderung einzelner Stände.“

Deutsche Literaturzeitung.

**Die Großstadt und ihre sozialen Probleme.** Von Professor Dr. A. Weber. 148 Seiten. In Originalband Mark 1.25

„Eine interessante Einführung in die sozialen Probleme der Großstadt, deren Studium weiteren Kreisen nur empfohlen werden kann. In leicht lesbarer Form legt der Autor die kulturelle und soziale Bedeutung der modernen Großstadt dar und führt uns nach Betrachtung des Familienlebens, dessen sittlichen Wert er ins rechte Licht rückt, in die eigentlichen sozialen Probleme ein, in die Wohnungsfrage, das Verkehrsproblem, die Arbeitslosigkeit, die Armut und Armenfürsorge und endlich in die Volksbildung und Volksgeselligkeit.“

Volkswirtschaftliche Blätter.

**Der Mittelstand und seine wirtschaftliche Lage.** Von Syndikus Dr. J. Wernicke. 122 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„In einem kleinen handlichen Bändchen . . . führt uns der sachverständige Verfasser in fast alle Fragen des Mittelstandes ein, die in den politischen und wirtschaftlichen Tageskämpfen zur Debatte stehen. Theorie und Praxis kommen da gleichmäßig zu ihrem Rechte. Wer sich über Lage und Statistik des Mittelstandes, seine Forderungen, seine Zukunftsaussichten, seine Entwicklung zum neuen Mittelstand und zahlreiche andere wichtige Probleme unterrichten will, dem gibt dieses praktische Büchlein erwünschten Aufschluß . . .“

Wshn. Die Hilfe.



**Die Frauenbewegung** in ihren modernen Problemen. Von Helene Lange. 141 Seiten. Gebunden Mark 1.25

„Wer sich klar werden will über den organischen Zusammenhang der modernen Frauenbestrebungen, über die man so leicht, je nach zufälligen Erfahrungen, hier zustimmend, dort verdammend, urteilt, ohne sich zu vergegenwärtigen, daß eine die andere voraussetzt, eine mit der anderen in den gleichen letzten Ursachen zusammenfließt . . ., der greife zu diesem inhaltsreichen, trefflich geschriebenen Buche.“

Elisabeth Snaud-Kühne. Soziale Kultur.

**Soziale Säuglings- und Jugendfürsorge.** Von Privatdozent Dr. A. Uffenheimer. 172 S. In Originalband M. 1.25

„Es ist unmöglich, den außerordentlich reichen Inhalt des vorliegenden Bändchens auch nur ganz kurz anzugeben. Immer wieder mußte ich beim Lesen die Geschicklichkeit des Verfassers bewundern, das so große Material dieser Fragen auf so engem Raum unterzubringen und dabei in einer Form und Übersichtlichkeit, wie ich sie selten so klar im Aufbau und populär in der Darstellung antraf. Voraussetzung für das Gelingen eines solchen Leitfadens ist die gründliche Beherrschung des ganzen Gebietes, nicht nur der Literatur, sondern auch der Praxis; und diese Erfahrungen und Kenntnisse stehen dem bekannten Verfasser in umfassender Weise zur Verfügung. Das Buch kann aufs angelegentlichste empfohlen werden.“

Dr. Netter. Der Arzt als Erzieher.

## ZOOLOGIE UND BOTANIK

**Anleitung zu zoologischen Beobachtungen.** Von Prof. Dr. F. Dahl. 160 S. mit zahlr. Abbild. In Originalbld. M. 1.25

„In keinem der bis heute erschienenen Bücher war in hinreichender Weise hervorgehoben, auf welche Punkte es bei einer guten Beobachtung in erster Linie ankommt. Das vorliegende Büchlein zeigt uns nun, wie man zoologisch beobachten muß und wie man seine Beobachtungen unter allgemeine Gesichtspunkte bringen und gleichsam in ein System einreihen kann. . . . Zur Beobachtung aller dieser Erscheinungen gibt uns der Verfasser eine treffliche Anleitung und erklärt alles durch zahlreiche gediegene Beispiele.

Österr. Forst- und Jagdzeitung. 29. Jahrg.

**Der Tierkörper.** Seine Form u. sein Bau unter dem Einfluß der äußeren Daseinsbedingungen. Von Privatdoz. Dr. Eugen Neresheimer. 140 Seiten mit zahlr. Abbildungen. Originalbld. M. 1.25

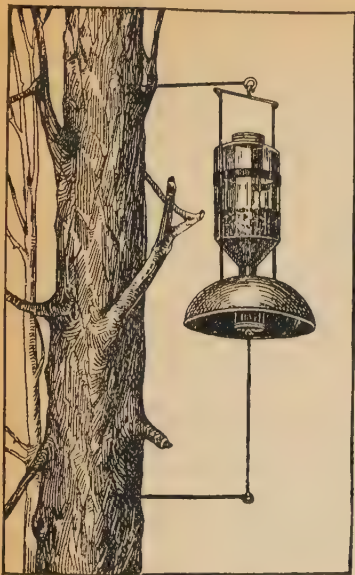
„Der Verfasser gibt nicht etwa eine trockene systematische Aufzählung und Beschreibung der verschiedenen Tierformen, sondern sein Streben geht dahin, diese seinen Lesern aus ihrer Entwicklungs- und Lebensgeschichte zu erklären, zu zeigen, welchen Einfluß die umgebende Welt auf deren Bau ausgeübt und welche Beziehungen sich daraus zwischen Tier zu Tier, zu den Pflanzen und der übrigen lebenden und nicht belebten Natur ergeben müssen.“

Aus der Heimat.



## Die Säugetiere Deutschlands. Von Priv.-Doz. Dr. Hennings.

174 Seiten mit zahlreichen Abbildungen u. 1 Taf. In Originalleinenband Mark 1.25



Futterglocke. Aus Zimmer.

„Diese Eigenschaften zu würdigen, scheint uns der Verfasser des vorliegenden Büchleins besonders berufen zu sein, denn er vereint die ganz gebiegenen Kenntnisse des Zoologen mit dem liebevollen Blicke des Naturfreundes, der ein rein ideales Interesse hat an der Erhaltung unserer Tierwelt. Er unterläßt es aber daneben nicht, stets auch deren wirtschaftliche Bedeutung voll zu würdigen. So sind die in unserem Bändchen gegebenen Schilderungen nicht etwa trockene zoologische Beschreibungen, sondern aus dem vollen Leben geschöpfte Naturbilder, die in gleicher Weise den Forscher wie Laien, den Jäger wie den Naturfreund fesseln werden.“

Forst- und Jagdzeltung.

## Anleitung zur Beobachtung der Vogelwelt. Von

Privatdozent Dr. Zimmer. Mit

zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Ein hübsches Buch, um mit der Natur umgehen zu lernen! Verfasser gibt die Hilfsmittel an, und zwar die Literatur und die event. Instrumente, die notwendig sind, gibt Ratschläge für Exkursionen und schildert dann das Vogelleben im Kreislaufe des Jahres. Es folgen dann Auseinandersetzungen über Mittel, die das Beobachten erleichtern, über Sammlungen, und die beiden letzten Kapitel behandeln die Frage „Was kann man am Vogel beobachten?“ und „Vogelbeobachtungen im Auslande“.

Naturwissenschaftl. Wochenschrift.

„Das ist wieder einmal eines jener Bücher, wie sie uns not tun, die unendlich viel wertvoller sind als langatmige und langweilige Ab-schriften von Etiketten verstaubter Museumsbälge.“

Mitt. über die Vogelwelt. 11. Jahrg. 1. Heft.

**Das Schmarokertum im Tierreich** und seine Bedeutung für die Artbildung. Von Hofrat Prof. Dr. L. v. Graff. 136 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Der schon vielfach behandelte Stoff findet hier von einem Meister wissenschaftlicher Forschung eine ausgezeichnete klare Darstellung, wobei besonders die allgemeinen Fragen, soweit es der beschränkte Umfang gestattet, eingehend berücksichtigt werden.“

Prof. Dr. Gesse. Monatsheft f. d. nat. Unterr.

**Tier- und Pflanzenleben des Meeres.** Von Prof. Dr. U. Nathanson. 134 Seiten mit einer farbigen und zwei schwarzen Tafeln sowie zahlr. Abbildungen. In Originalleinenband M. 1.25



Badeschwamm. Aus Nathanson.

und endlich ein Schlusskapitel mit der Entwicklung und den Wanderungen der Seetiere."

Naturwissenschaftliche Wochenschrift. 1911.

**Anleitung zur Beobachtung der Pflanzenwelt.** Von Prof. Dr. F. Rosen. 161 S. mit zahlr. Abb. In Drigllbb. M. 1.25

„Dieses Buch begnügt sich nicht damit, dem Leser eine Reihe von Winken und Rezepten zur Beobachtung der einzelnen Pflanzen oder Pflanzenfamilien zu geben, sondern es stellt sich das schöne Ziel, den Naturfreund die Pflanzen verstehen zu lehren in ihrem Kampf ums Dasein und ihrer Stellung im Ganzen der belebten Natur. Die Darstellung ist stets vom biologischen Gesichtspunkt beherrscht.“

Kosmos.

„Ein kleines Buch mit reichem Inhalt! . . . Wer nicht Zeit und Neigung hat, größere Werke durcharbeiten und doch orientiert sein möchte auf dem Gebiete des Entwicklungsganges der Pflanzenwelt, dem sei dieses mit einer ganzen Reihe instruktiver Zeichnungen versehene Bändchen bestens empfohlen.“ Pädagogische Reform. Nr. 19. 34. Jahrg.

**Befruchtung und Vererbung im Pflanzenreiche.** Von Professor Dr. Giesenhagen. 136 Seiten mit zahlr. Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Der Verfasser hat es mit Erfolg versucht, ein tieferes Verständnis für das Entwicklungsproblem im Pflanzenreiche in seinem Zusammenhang mit der Befruchtung und Vererbung zu wecken . . . Die Art der Darstellung wird das mit guten Abbildungen versehene Buch jedem für Naturwissenschaft Interessierten zu einer angenehmen Lektüre machen.“

Fühlings Landwirtschaftliche Zeitung.



Marchantia polymorpha. Aus Rosen.

**Pflanzengeographie.** Von Prof. Dr. P. Graebner. 160 S. mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25 „Mit einer wahren Kunstfertigkeit sind hier auf dem so engbegrenzten Raum die Pflanzengeographie und die ihr innigst verknüpfte Formationsbiologie untergebracht worden. Jetzt ist jedem Menschen hinreichend Gelegenheit gegeben, sich in Kürze über das in Rede stehende Gebiet zu orientieren.“ Globus. Bd. 27.

## **Phanerogamen** (Blütenpflanzen).

Von Professor Dr. E. Gilg und Dr. Muschler. 172 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Drignallbd. M. 1.25 „Wer dies 172 Seiten starke Bändchen gelesen, wird den beiden Verfassern volle Anerkennung zollen müssen, daß sie es verstanden, auf so beschränktem Raume das gewaltige Gebiet der Phanerogamen so übersichtlich und erschöpfend zu behandeln. Auf eine kurze Einleitung über die wesentlichsten Gesichtspunkte der modernen Pflanzenkunde, die Geschlechtsverhältnisse, Befruchtung, Frucht und Samenbildung bei den Blütenpflanzen folgt die Schilderung der bedeutendsten Familien des Pflanzenreiches nicht nur der einheimischen Flora, sondern aus allen Gebieten der Erde, soweit es sich um Nutz- oder Arzneigewächse handelt. . . Da auch die Zierpflanzen berücksichtigt sind, eignet sich das Werkchen insbesondere auch für Gärtner und Blumenliebhaber jeder Art.“ Deutsche Gärtner-Zeitung. 7. Jahrgang.



Epiphytische Orchidee an einem Baumast. Aus Graebner.

## **Kryptogamen** (Algen, Pilze, Flechten, Moose und Farnpflanzen).

Prof. Dr. Möbius. 168 S. mit zahlr. Abb. Gebunden M. 1.25 „Dieser Aufgabe hat sich der Verfasser in anerkennungswerter Weise unterzogen. Was er auf den 168 Seiten des Buches bietet, gibt nicht nur einen guten Überblick über das ausgedehnte Gebiet der Kryptogamenkunde, sondern ermöglicht dem Laien auch, sich in einem kleineren Gebiet die ersten Kenntnisse anzueignen, auf Grund deren er dann mit Hilfe von ausführlicheren Lehrbüchern sich weiter einarbeiten kann.“ G. Lindau. Deutsche Literaturztg.

## **Die Bakterien und ihre Bedeutung im praktischen Leben.**

Von Prof. Dr. H. Mische. 146 S. m. zahlr. Abb. In Drigbbd. M. 1.25 „Es ist daher dem Buche Verbreitung zu wünschen, namentlich ist es Landwirten, ferner den Nahrungsmittelgewerbetreibenden, Hausfrauen und Müttern, sowie Lehrern sehr zu empfehlen; auch dürfte es sich als Unterlage zu Vorträgen in Fortbildungs- und ähnlichen Schulen vortrefflich eignen. Die Zeichnungen sind klar und deutlich, und trotz der guten Ausstattung ist der Preis billig.“

Literarisches Zentralblatt für Deutschland.



**Zimmer- und Balkonpflanzen.** Von Städt. Garteninspektor Paul Dannenberg. 2. Auflage. 171 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und 1 Tafel. In Originalleinenband M. 1.25

„Nicht der Naturwissenschaftler, sondern der praktische Gärtner ergreift das Wort und lehrt uns seine Kunstgriffe und Handfertigkeiten. Aber der Verfasser ist auch der ästhetisch gebildete Züchter, dem es nicht auf die Erzielung botanisch merkwürdiger oder seltener Zuchterfolge ankommt, sondern der immer wieder betont, daß die Blumenpflege ein Stück Kultur unserer Wohnung im Innern wie nach außen darstelle. Das Buch sei jedem Blumenliebhaber gelegentlichst empfohlen.“ Pädagog. Reform.

„Dies Büchlein möchte man in der Hand jeder Familie wissen. Wer es durchgelesen, gewinnt Lust und Liebe zur Blumenpflege, denn er sagt sich, nun weiß ich, wie ichs anzufangen habe.“ Illustrierte Flora. Nr. 1. 33. Jahrg.

**Unser Garten.** Von Garteninspektor Fritz Zahn. Mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„In einer Zeit, in der die Gartenstadtbewegung immer mehr an Boden gewinnt, in der man immer mehr dazu übergeht, den Wohnhäusern auch kleine Gärtchen beizugeben, wird dies hübsche Büchlein eines erfahrenen Praktikers dankbare Aufnahme finden. Man merkt es an der Darstellung, daß sie aus dem praktischen Leben entstand. Sie gibt allen Gartenbesitzern und solchen, die es werden wollen, gerade das, was sie über die Anlage, Unterhaltung und Pflege des Gartens wissen müssen, um sich ein behagliches Gartenheim zu schaffen . . . Besonders sei noch hingewiesen, daß der Verfasser stets auch auf jene Rücksicht nimmt, die nur beschränkte Mittel für ihr Gärtchen zur Verfügung haben. So wird das Buch reichen Segen stiften.“

Zeitschrift für Obst- und Gartenbau. 37. Jahrgang.

„Das vorliegende Büchlein ist eine erfreuliche, wertvolle Gabe: keinerlei Wortgeklingel, dafür aber überall praktische Erfahrung, Geschmack, Urteil, klare Ratschläge, Belehrung und Anleitung. Alles darin Gesagte beruht auf gesunder Grundlage, wurzelt in der Praxis und ist getragen von echter, warmer Liebe zum Garten, zur Kunst und zur Natur. Der

Verfasser tritt frei für seine Überzeugung ein, hütet sich dennoch vor Einseitigkeit.“ Die Dorfkirche. 1910/11.





# ANTHROPOLOGIE / HYGIENE

**Lebensfragen.** Der Stoffwechsel in der Natur. Von Prof. Dr. F. B. Ahrens. 159 Seiten mit Abbild. Gebunden M. 1.25

„Wissenschaftlich und populär zugleich zu schreiben ist eine Kunst, die nicht vielen gegeben ist. Ahrens hat sich als ein Meister auf diesem Gebiete erwiesen. Auch die vorliegende Schrift zeigt die vielen Vorzüge seiner klaren Darstellung und pädagogischen Umsicht. Ohne besondere Kenntnisse voraussetzen, behandelt er die chemischen Erscheinungen des Stoffwechsels und beschreibt die Eigenschaften, Bildung und Darstellung unserer Nahrungsmittel. Das Buch kann aufs beste empfohlen werden.“ Chemiker-Zeitung.

**Der menschliche Organismus** und seine Gesunderhaltung. Von Oberstabsarzt und Privatdozent Dr. A. Menzer. 160 S. mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Ein solcher treuer Ratgeber ist das vorliegende Büchlein. In meisterhaft klarer Darstellung, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, gibt es seinen Lesern zunächst einen tiefen Einblick in den Aufbau und die Leistungen des menschlichen Körpers. . . . Nachdem wir auf diese Weise den menschlichen Organismus kennen gelernt haben, werden wir in einem weiteren Kapitel in die Krankheitsursachen und ihre Verhütung eingeführt, wobei besonders die allgemeine Hygiene der Lebensweise erörtert wird. . . . All diese Ausführungen aber sind für unser Wohl von grundlegender Bedeutung, daß wir das Büchlein in jedem Hause wissen möchten.“ Natur und Kultur.

**Leib und Seele.** Von Professor Dr. H. Boruttau. 128 S. mit zahlreichen Abbildungen. Bgl. S. 6.

**Das Nervensystem** und die Schädlichkeiten des täglichen Lebens. Von Prof. Dr. P. Schuster. 137 S. mit zahlr. Abb. In Drigb. M. 1.25

„Das vorliegende Büchlein enthält sechs ausgezeichnete klare Vorträge. . . . Es behandelt nach einem Überblick über den Bau und die Funktionen des Nervensystems die Schädlichkeiten, die dasselbe treffen können, ferner die Wirkung der Gifte, insbesondere des Tabaks, des Alkohols und des Morphiums, die Bedeutung der Anfälle für das Nervensystem, die Einwirkung geistiger Vorgänge auf körperliche Funktionen und schließlich die Folgen der geistigen Überanstrengung.“ Literarisches Zentralblatt für Deutschland.

**Unsere Sinnesorgane** und ihre Funktionen. Von Privatdoz. Dr. med. et phil. E. Mangold. 155 S. m. zahlr. Abb. In Drigb. M. 1.25

„Die Anatomie und Physiologie der einzelnen Organe, die wichtigsten Theorien über die Wirkung der Reize auf die peripherischen Teile und über die Umsetzung dieser Reize in Empfindungen in den zentralen Sinnesorganen werden in auszeichnet überichtlich und klarer Weise vorgeführt. Möge das Buch, das ein weiterer glänzender Beweis ist für den Wert der Sammlung, recht viele Leser finden, ihre Mühe wird reichlich belohnt werden.“

Konrad Güllert. Pädagog. Reform. 33. Jahrgang.

**Die Volkskrankheiten und ihre Bekämpfung.** Von Prof. Dr. W. Rosenthal. 168 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalalleinenband Mark 1.25

„Da die Beteiligung im Kampfe gegen die Volksseuchen Pflicht eines jeden ist, so darf man ein populäres Werk wie das vorliegende, welches in allgemeinverständlicher, sachkundiger und eindringlicher Form „die Volkskrankheiten und ihre Bekämpfung“ behandelt, mit Freude begrüßen und mit Recht empfehlen. Es wird auch dem Sachverständigen ein schneller Überblick gewährt, welcher ihm die abgeschlossenen Ergebnisse der Forschung gedrängter vor Augen führt, als dies das Durcharbeiten rein wissenschaftlicher Werke ermöglicht.“

Zeitschrift f. physikalische und diätetische Therapie. 13. Band.

**Die Hygiene des männlichen Geschlechtslebens.** Von Professor Dr. E. Posner. 121 Seiten mit Abbildungen. In Originalalleinenband Mark 1.25

„Der Verfasser geht in sehr geschickter Weise den richtigen Mittelweg zwischen „zu gelehrt“ und „zu populär“. Die Ausführungen sind klar und präzise, so daß der Arzt den kleinen Band gebildeten Laien warm empfehlen und auch selbst Rat daraus schöpfen kann, wie er mit seinen Patienten diese heiklen Fragen besprechen soll.“

Deutsche mediz. Wochenschrift.

Aus dem Inhalt: Bau und Entwicklung der männlichen Geschlechtsorgane, Zeugung und Befruchtung, geschlechtliche Hygiene im Knaben- und Jünglingsalter, geschlechtliche Hygiene in der Ehe, Störungen der Geschlechtsfähigkeit, die Geschlechtskrankheiten.

**Gesundheitspflege des Weibes.** Von Professor Dr. Paul Straßmann. Circa 160 Seiten. In Originalalleinenband M. 1.25

Das Bändchen will in erster Linie ein Führer sein zu einer gesunden, zweckmäßigen Lebensweise. Es will über die großen Gefahren aufklären, die besonders der Frau bei Vernachlässigung und nicht sachgemäßen ärztlichen Behandlung ihres Körpers drohen und will zugleich auch wirken zum Nutzen einer künftigen Generation.

Aus dem Inhalt: Bau und Einrichtungen der besonderen weiblichen Teile. Entwicklung vom Kinde zur Jungfrau. Monatliche Blutung. Zeit der Geschlechtsreife. Ehe. Fruchtbarkeit. Unfruchtbarkeit. Die Schwangerschaft und ihre Störungen. Geburt. Wochenbett. Stillen. Wechseljahre. Frauenleiden.

**Die moderne Chirurgie für gebildete Laien.** Von Geheimrat Professor Dr. H. Lillmanns. 160 Seiten mit 78 Abbildungen und einer farbigen Tafel. In Originalalleinenband Mark 1.25

„Ein Buch wie das vorliegende kann der Anerkennung der Ärzte wie der Laien in gleichem Maße sicher sein. Es enthält genau so viel, als ein gebildeter Laie von dem gegenwärtigen Stand der Chirurgie wissen muß und soll, und es kann, wenn die darin enthaltenen Lehren auf fruchtbaren Boden fallen, dem Kranken nur Nutzen stiften.“

Berliner klinische Wochenschrift.

# GEOLOGIE / ASTRONOMIE METEOROLOGIE

**Grundfragen der allgemeinen Geologie** in kritischer und leichtverständlicher Darstellung. Von Professor Dr. P. Wagner. 140 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„In kurzer gedrängter Form macht Verfasser den Leser mit den wichtigsten Gebieten der Geologie bekannt. Dabei geht der Verfasser auf alle Fragen ein, die für die Gestaltung unserer Erdoberfläche wichtig erscheinen. Ausgehend von der Kant-Laplace'schen Theorie, beschreibt der Verfasser das Erdinnere, die Erdrinde, Magma, Vulkan usw., um schließlich auf die dem Laien bekanntesten Vorgänge wie Verwitterung, Gletschererosion zu erläutern. Ein besonderer Vorzug des kleinen Werkes liegt darin, daß nach jedem Kapitel ein Verzeichnis der benutzten Literatur aufgeführt ist. Dem Buch kann man nur weite Verbreitung in Laienkreisen wünschen.“

Deutsche Bergwerkszeitung. 12. Jahrg.

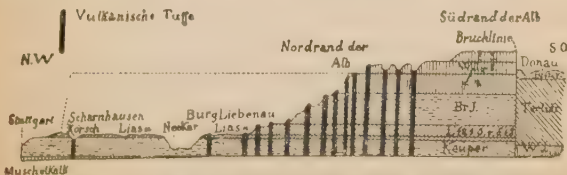
**Die vulkanischen Gewalten der Erde** und ihre Erscheinungen. Von Geheimrat Prof. Dr. H. Haas. 146 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„In trefflicher Weise und unter Berücksichtigung der neuesten Literatur führt vorliegendes Büchlein den Leser in das Verständnis der vulkanischen Erscheinungen ein. . . Möge das Büchlein einen recht zahlreichen Leserkreis finden.“

K. Sapper. Petermanns Mitteilungen.

**Die Alpen.** Von Privatdoz. Dr. F. Machacek. 151 S. m. zahlr. Profilen und typischen Landschaftsbildern. In Originalld. M. 1.25

„Der Verfasser des Werkes hat es in ausgezeichnete Weise verstanden, auch den Nichtfachmann in die verwickelte Tektonik des Alpengebirges einzuführen. Nach einer topographischen Beschreibung des Alpengebietes folgt eine Würdigung der Klimamodifikationen. Ihr schließt sich sachlich ein Abschnitt über Wasser und Eis in den Alpen an. Auch das Pflanzenkleid der Alpen zeigt deutliche Abhängigkeit vom Höhenklima. Das letzte Kapitel des Buches ist dem Menschen in den Alpen gewidmet. . . Das Buch kann jedem Freunde unseres Hochgebirges aufs wärmste empfohlen werden.“ E. Werth. Zeitschr. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.



Schematischer Durchschnitt von Stuttgart bis nach Oberschwaben (NW nach SO) das Vulkangebiet von Trach. Aus Haas.



**Die Bodenschätze Deutschlands.** Von Prof. Dr. L. Milch. 2 Bände zu je ca. 160 S. mit zahlr. Abbildungen. In Originalleinenband je Mark 1.25

Bei der hervorragenden Bedeutung der Bodenschätze Deutschlands für dessen wirtschaftliche Kraft, wird der umfassende Stoff in drei selbstständigen Bänden der Sammlung behandelt. Der erste vorliegende schildert von geologischem, technischem und wirtschaftlichem Gesichtspunkte aus die Bildung, das Vorkommen und die Gewinnung der brennbaren Gesteine (des Lo:ses, der Braun- und Steinkohle und Erdöle) sowie der Salze (Steinsalze und Kalisalze). Den verschiedenen Kohlenrevieren sowie den Kalilagerstädten Deutschlands ist besondere Beachtung geschenkt. Abbildungen und Profile erläutern die Darstellung. Ein zweiter, in Vorbereitung befindlicher Band wird von den Erzen und den Mineralien und sonstigen Gesteinen handeln.

**Das Wetter** und seine Bedeutung auf das praktische Leben. Von Prof. Dr. E. Kassner. 154 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und Karten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Die kleine Schrift ist in klarfließender Sprache geschrieben, und der Inhalt bietet mehr als der Titel verspricht. Es werden nicht nur Naturgesetze, auf denen sich die Witterungskunde als Wissenschaft aufbaut, sachgemäß durchgenommen, sondern es wird auch gezeigt, wie sich die Wetterkunde als Zweig der Meteorologie historisch entwickelt hat und welchen großen Wert sorgfältige Aufzeichnungen über den Verlauf der Witterung für das öffentliche und private Leben besitzen . . . Da man oft noch sehr irtümlichen Auffassungen über den Wert der Witterungskunde begegnet, so ist dem kleinen inhaltreichen Werke größte Verbreitung zu wünschen.“

Naturwissenschaftliche Rundschau. 23. Jahrgang.

**Das Reich der Wolken und der Niederschläge.** Von Prof. Dr. E. Kassner. 160 Seiten mit zahlreichen Abbildungen und 6 Tafeln. In Originalleinenband Mark 1.25

„Wie durch Verdunstung Wasserdämpfe in die Atmosphäre gelangen, wie die Luftfeuchtigkeit gemessen wird, wie die Bildung von Nebel und Wolken vor sich geht, davon handelt der erste Teil. Mit der Niederschlagsbildung befaßt sich der zweite. Wir haben es sonach mit einem Buche zu tun, das dem Laien wie dem Fachmann in gleicher Weise Belehrung bringen wird.“

Sächsishe landwirtschaftliche Zeitschrift.

**Himmelskunde.** Von Prof. Dr. A. Marcuse. ca. 160 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

Noch viele Rätsel im Universum sind zu lösen. Aber die Astronomie hat doch bereits im Laufe der Jahre tiefgreifende Entdeckungen gemacht und manches Problem aufgeklärt. Darüber will das Buch Auskunft geben, das sich durch Vielseitigkeit des Stoffes und fesselnde Darstellung besonders auszeichnet. Aus dem Inhalt: Geschichte, Entwicklung und Aufgaben der Astronomie. Statistik und Dynamik des Universums. Einzelbeschreibung der Himmelskörper (Sonne, Merkur, Venus, Erde, Mond, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun, kleine Planeten, Kometen, Meteore, Sternschnuppen, Hertzsprung).



# PHYSIK / TECHNIK

**Die Elektrizität als Licht- und Kraftquelle.** Von Privatdozent Dr. P. Eversheim. 129 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Heute ist das Verwendungsgebiet der Elektrizität ein so außerordentlich ausgedehntes, daß wohl ein jeder mehr oder weniger mit ihr in Berührung kommt. Deshalb kann man es dankbar begrüßen, wenn auch dem Laien durch ein so klar geschriebenes Büchlein ein Einblick eröffnet wird und in großen Zügen die Grundbegriffe der Elektrotechnik dargelegt werden . . . Die sorgfältig gezeichneten Abbildungen beleben die Darstellung.“

Elektrotechnische Zeitschrift.

**Hörbare, Sichtbare, Elektrische und Röntgenstrahlen.**

Von Geh. Rat Prof. Dr. Fr. Neesen. 132 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Ein vortrefflicher Führer ist das vorliegende Büchlein. In vorbildlich klarer Sprache, von leichterem zu schwerem ansteigend, werden nach einem mehr einleitenden Kapitel über die Wellen in vier weiteren Abschnitten die verschiedenen, im Titel des Werchens angegebenen Strahlenarten behandelt, die hörbaren, sichtbaren, elektrischen Strahlen und die Strahlen ohne Wellen. Wir werden jeweils mit den wichtigsten Erscheinungen und Hypothesen des betreffenden Gebietes bekannt gemacht, sowie in deren Ruhanwendung für die Praxis eingeführt, und wir bekommen so einen Überblick über dieses schwierige, aber wohl auch interessanteste Gebiet der Physik.“

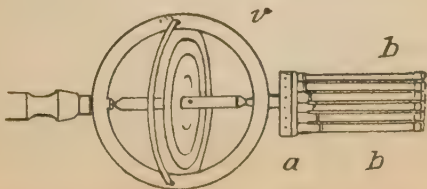
Gaea.

**Einführung in die Elektrochemie.** Von Prof. Dr. W. Vermbach. 144 Seiten mit zahlr. Abbildungen. Gebunden Mark 1.25

„In diesem ausgezeichneten Werkchen unternimmt es der Autor, jeden, der die Grundbegriffe der Chemie und Physik kennt, mit dem Gebiete der Elektrochemie in seinen Hauptzügen bekannt zu machen. Es werden zunächst die Hauptgesetze der Elektrizitätslehre und der physikalischen Chemie, die zum Verständnis der Elektrochemie nötig sind, in anschaulicher Weise, unterstützt durch gute Zeichnungen, vorgeführt und dann das ganze Gebiet der heutigen Elektrochemie skizziert. Hervorzuheben ist, daß der Autor überall die neueste Literatur benutzt und somit seine Führung dem jüngsten Stande dieses Wissenszweiges gerecht wird.“

Physikalische Zeitschrift. 10. Jahrgang.

Frahmscher Kreisel.  
Aus Neesen:  
Hörbare Strahlen.



**Telegraphie und Telephonie.** Von Telegraphendirektor und Dozent F. Hamacher. 156 S. mit 115 Abb. In Origallbd. M. 1.25

Dieser Leitfaden will, ohne Fachkenntnisse vorauszusetzen, die zum Verständnis und zur Handhabung der wichtigsten technischen Einrichtungen auf dem Gebiete des elektrischen Nachrichtenwesens erforderlichen Kenntnisse vermitteln, insbesondere aber in den Betrieb des Reichstelegraphen- und Telephonwesens einführen.

„Die Ausdrucksweise ist knapp, aber klar; die Ausstattung des Werkes ist gut. Laien werden sich aus dem Buche mühelos einen Überblick über die Einrichtungen des Telegraphen- und Fernsprechbetriebes verschaffen können.“

Elektrotechnische Zeitschrift.

**Kohle und Eisen.** Von Professor Dr. A. Binz. 136 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

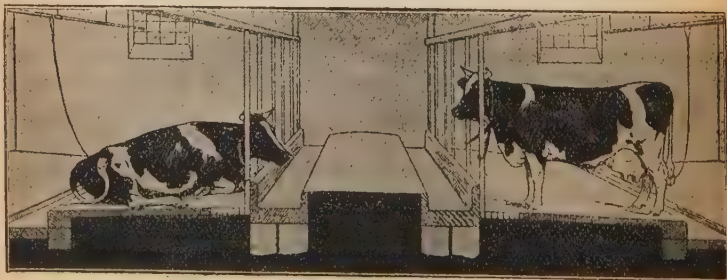
„Die Notwendigkeit, sich über diese wichtigsten wirtschaftlichen Faktoren zu orientieren, besteht darum für jeden, dem das Verständnis der treibenden Kräfte in der menschlichen Entwicklung Bildungsbedürfnis ist. Deshalb ist auch das vorliegende, neue Bändchen mit Freude zu begrüßen . . . . Es verdient größte Anerkennung, wie dieses enorme Gebiet auf dem zur Verfügung stehenden gedrängten Raume eine immerhin erschöpfende Darstellung gefunden, wobei selbst die geschichtliche Entwicklung der verschiedenen Instruktionen berücksichtigt und somit eines der wichtigsten Kapitel aus der Geschichte der Erfindungen und Entdeckungen behandelt wird.“

Deutsche Bergwerkszeitung.

**Das Holz.** Von Forstmeister H. Kottmeier und Dr. F. Uhlmann. 143 S. mit Abbildungen. In Originalleinenbd. M. 1.25

„Die beiden Verfasser haben mit diesem Buche ein Werk geschaffen, das das gesamte Wissen über den Holzbau, Holzverwertung, Holzhandel, Holzindustrie in übersichtlicher und einwandfreier Weise zur Darstellung bringt. Dem botanischen und dem forstwirtschaftlichen Teil wurde ebensolche Ausführlichkeit zuteil wie dem Abschnitt über die wirtschaftliche Bedeutung des Holzhandels, was besonders hervorgehoben zu werden verdient. Das schön ausgestattete und mit reichem statistischem Material versehene Werk kann sehr empfohlen werden.“

Das Wissen für Alle. 10. Jahrg.



Moderne Aufstallung. Aus Sommerfeld.

**Milch- und Molkereiprodukte**, ihre Eigenschaften, Zusammensetzung und Gewinnung. Von Dr. Paul Sommerfeld. 140 S. mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Trotz des geringen Umfanges doch äußerst reichhaltig, ist das Buch nach Inhalt und Darstellung auf einen großen Leserkreis, besonders die Frauenwelt, berechnet, und wird nicht nur der Hausfrau, den Schülerinnen in Fortbildungs-, Haushalts- und Kochschulen, sondern auch jedem von Interesse und Nutzen sein, der für unser wertvollstes Nahrungsmittel Verständnis hat. In 11 Kapiteln werden: Zusammensetzung, Bakteriologie und die Fehler der Milch, Molkereiprodukte, Milchverfälschung und ihr Nachweis, Konservierung, Sterilisierung und Pasteurisierung der Milch, Milchhandel und Gewinnung besprochen.“

Wäd. Zeitung. 36. Jahrg.

**Rohstoffe der Textilindustrie.** Von Geh. Rat Dipl.-Ing. H. Glasen. 144 Seiten mit zahlr. Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Unter den behandelten pflanzlichen Rohstoffen nennen wir: Baumwolle, Flachs, Hanf, Jute, Manilahanf, Kokosfasern, unter den tierischen: Wolle, Haare, Seiden, Federn, unter den künstlichen Rohstoffen: Glas, Metall-, Kautschukfäden, künstliche Seide, Banduraseiden usw. Charakteristische Ansichten aus den Kolonien, mikroskopische Aufnahmen einzelner Rohstoffe, sowie die neuesten maschinellen Einrichtungen werden im Bilde vorgeführt. So dürfte es kaum ein besseres Hilfsmittel geben, sich rasch und gründlich über dies wichtige Gebiet zu unterrichten.“

Die Baumwollindustrie. 2. Jahrgang.

**Spinnen und Zwirnen** (Die Textilindustrie, Band I). Von Geh. Rat Diplom-Ing. H. Glasen. 122 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. In Originalleinenband Mark 1.25

„Das Bändchen bildet gewissermaßen die Ergänzung des äußerst beifällig aufgenommenen Bändchens desselben Verfassers. Während in diesem die „Rohstoffe der Textilindustrie“ behandelt werden, befaßt sich das vorliegende Bändchen mit der Herstellung der Fadengebilde, der Spinnerei und ihren Erzeugnissen . . . . So dürfte es kaum ein besseres Hilfsmittel geben, sich rasch und gründlich über dieses für Deutschlands Wirtschaftsleben so wichtige Gebiet zu unterrichten. Das schmucke Bändchen wird seiner Aufgabe in hervorragendem Maße gerecht.“

Textilarbeiter-Zeitg. 13. Jahrg.

**Unsere Kleidung und Wäsche** in Herstellung und Handel. Von Direktor B. Brie, Prof. P. Schulze, Dr. K. Weinberg. 136 Seiten. In Originalleinenband Mark 1.25

„Dieses Werkchen gibt knapp und doch umfassend in fließender und leicht faßlicher Form einen Überblick über die Textilindustrie, über Rohstoffe der Textilwaren, Fabrikation und Handel, über Konfektion im Bekleidungsfach, Seiden- und Wäschefabrikation und Handel und endlich über Modeartikel, wie Hüte, Handschuhe, Schirme, Pelzwaren usw. . . . Ich empfehle das Buch ganz besonders für die genannten Schulen.“

Zeitschr. f. gewerb. Unterricht.

# Verlagskataloge

---

Großer Verlagskatalog . . . Reich illustriert

---

Kleiner Verlagskatalog . . Reich illustriert

---

Verzeichnis Naturwissenschaftliche  
Bibliothek für Jugend und Volk  
Reich illustriert

---

Verzeichnis schönster Festgeschenke  
aus allen Wissensgebieten

---

Verzeichnis der Exkursions- und  
Hausbücher für Naturfreunde

---

Auswahl pädagogischer und fach-  
wissenschaftlicher Werke

---

Verzeichnis der Lehr- u. Hilfsbücher  
für d. naturwissenschaftl. Unterricht

---

Verzeichnis der Lehr- u. Hilfsbücher  
für das höhere Mädchenschulwesen

---

Diese Verzeichnisse stehen unentgeltlich und postfrei zur Verfügung

---

Quelle & Meyer in Leipzig



# Naturwissenschaftliche Bibliothek

## für Jugend und Volk

Geb. M. 1.80

Geb. M. 1.80

Herausgegeben von Konrad Höller und Georg Ulmer.  
Reich illustrierte Bändchen im Umfange von 140 bis 200 Seiten.

In die Liste der von den Vereinigten Jugendschriften-  
Ausschüssen empfohlenen Bücher aufgenommen.

**Aus Deutschlands Urgeschichte.** Von G. Schwantes.

„Eine klare und gemeinverständliche Arbeit, erfreulich durch die weise Beschränkung auf die gesicherten Ergebnisse der Wissenschaft; erfreulich auch durch den lebenswarmen Ton, der die tote und begrabene Vergangenheit vieler Jahrtausende uns menschlich näher bringt.“

Frankfurter Zeitung. 28. März 1909.

**Der deutsche Wald.** Von Prof. Dr. M. Buesgen.

„Unter den zahlreichen, für ein größeres Publikum berechneten botanischen Werken, die in jüngster Zeit erschienen sind, beansprucht das vorliegende ganz besondere Beachtung. Es ist ebenso interessant wie belehrend.“ Naturwissenschaftliche Rundschau. Nr. 17. XXIV. 1909.

**Die Heide.** Von W. Wagner.

Verfasser will weitere Kreise nicht nur anregen, die neuentdeckte Perle der deutschen Landschaft mit dem Auge des Künstlers oder des wanderfrohen Touristen zu betrachten, sondern auch in bezug auf flora und fauna zu verstehen und zum vollen Genuße zu kommen.

**Im Hochgebirge.** Von Prof. C. Keller.

Ausgehend von den eigenartigen Lebensbedingungen des Hochgebirges erörtert Verfasser zunächst die verschiedenen Seiten der alpinen Lebensgemeinschaft mit besonderer Berücksichtigung des europäischen Alpengebietes. Daneben wird aber auch die Hochgebirgstierwelt Asiens, Afrikas und Amerikas herangezogen und durch ihre Gegenüberstellung wichtige Ergebnisse erzielt.

**Die Tiere des Waldes.** Von Forstmeister K. Sellheim.

Biologische Lebensbilder von größtem Interesse. Mit dem scharfen Blicke des Jägers schildert Verfasser das Leben unserer Waldtiere. Säugetiere und Vögel, Reptilien und Weichtiere, Schmetterlinge und Käfer beobachten wir mit ihm und lauschen der Natur ihre tiefsten Geheimnisse ab.

**Unsere Singvögel.** Von Prof. Dr. Alwin Voigt.

Der Verfasser des klassischen „Exkursionsbuches zum Studium der Vogelstimmen“ wird mit vorliegendem Buche der Vogelwelt neue Freunde gewinnen. Mit Beobachtungen an den Futterplätzen im Winter beginnend, führt er uns mit dem im Frühjahr immer lebhafter werdenden Vogelkonzert in das tiefere Studium des Vogel Lebens ein, das er uns in seinen verschiedenen Äußerungen schildert.

**Das Süßwasser-Aquarium.** Von C. Heller.

„Dieses Buch ist nicht nur ein unentbehrlicher Ratgeber für jeden Aquarienfreund, sondern es macht vor allen Dingen seinen Leser mit den interessanten Vorgängen aus dem Leben im Wasser bekannt. . .“

Bayerische Lehrerzeitung. Nr. 16. 43. Jahrgang.

**Reptilien- und Amphibienpflege.** Von Dr. P. Krefst.

„Die einheimischen, für den Anfänger zunächst in Betracht kommenden Arten sind vorzüglich geschildert in bezug auf Lebensgewohnheiten und Pflegebedürfnisse, — die fremdländischen Terrarientiere nehmen einen sehr breiten Raum ein. Die beigegebenen Abbildungen . . . sind fast durchweg vorzügliche Reproduktionen.“

O. Kr. Pädagogische Reform. Nr. 51. 1908.

**Die Ameisen.** Von H. Viehmeyer.

„Viehmeyer ist allen Ameisenfreunden als bester Kenner bekannt. Von seinen Bildern kann man sagen, daß sie vom ersten bis zum letzten Wort der Natur geradezu abgeschrieben sind. Wir lernen in zweiundzwanzig Abschnitten das Leben und Treiben des kleinen Volkes kennen, eines der interessantesten Kapitel aus der lebenden Natur.“

Thüringer Schulblatt. Nr. 19. 32. Jahrgang.

**Häusliche Blumenpflege.** Von Paul F. F. Schulz.

„Der Stoff ist mit großer Übersichtlichkeit gruppiert, und der Text ist so faßlich und klar gehalten, außerdem durch eine Fülle von Illustrationen unterstützt, daß auch der Laie sich mühelos zurechtfinden kann. . . . Dem Verfasser gebührt für seine reiche, anmutige Gabe der Dank aller derer, die Natur und Schule möglichst zu unlöslicher Einheit verbunden sehen möchten.“

Dr. C. Friesse, Berlin. Pädagogische Studien. 1. Heft.

**Die Schmarotzer der Menschen und Tiere.** Von Dr. v. Einstow.

„Es ist eine unappetitliche Gesellschaft, die hier in Wort und Bild vor dem Leser aufmarschiert. Aber gerade jene Parasiten, die unserer Existenz abträglich sind, gerade sie verdienen, von ihm nach Form und Wesen gekannt zu sein, weil damit der erste wirksame Schritt zu ihrer Bekämpfung eingeleitet ist.“

K. Süddeutsche Apotheker-Zeitung. Nr. 55. 1909.

**Niedere Pflanzen.** Von Prof. Dr. R. Timm.

Der Verfasser stellt mit Hilfe zahlreicher Abbildungen die Abteilungen der Farnpflanzen, Moospflanzen, Algen, Pilze und Flechten dar, insbesondere werden wertvolle Winke für das Sammeln, Präparieren und Bestimmen, sowie für die Beobachtung lebendigen Materials gegeben.

**Die mikroskopische Kleinwelt unserer Gewässer.** Von G. Reukauf.

Nicht nur eine Beschreibung der das Süßwasser bewohnenden pflanzlichen und tierischen Mikroorganismen in ihren Hauptvertretern, sondern zugleich eine Einführung in die mikroskopische Technik und eine Anleitung zur selbständigen Anfertigung von Präparaten.



**Beleuchtung und Heizung.** Von J. F. Herding.

„Ich möchte gerade diesem Buche, seiner praktischen, ökonomischen Bedeutung wegen, eine weite Verbreitung wünschen. Hier liegt, vor allem im Kleinbetrieb, noch vieles sehr im Argen.“

Frankfurter Zeitung. 28. März 1909.

**Kraftmaschinen.** Von Ingenieur Charles Schütze.

Ein klares übersichtliches Bild über das gesamte Gebiet der modernen Kraftmaschinentechnik. Kurze einleitende Abschnitte machen den Leser mit den Grundgesetzen der als Arbeitsquelle benutzten Naturkräfte vertraut. Wer sich für maschinentechnische Fragen interessiert, wird in diesem Buche die gesicherte Grundlage zu weiterem Studium finden.

**Die Photographie.** Von W. Zimmermann.

„Das Buch behandelt in kurzen Zügen die theoretischen und praktischen Grundlagen der Photographie und bildet ein Lehrbuch bester Art. Durch die populäre Fassung eignet es sich ganz besonders für den Anfänger der Photographie.“

„Apollo“, Zentralorgan f. Amateur- u. Fachphotogr. Nr. 337. XV. B.

**Signale in Krieg und Frieden.** Von Dr. Fritz Ulmer.

Die Anlage des Büchleins, das Signalwesen von seinen einfachsten Anfängen im Altertum und bei den Naturvölkern an bis zu seiner höchsten Steigerung im modernen Land- und Seeverkehr in Krieg und Frieden zu behandeln, wird der Jugend und auch dem Alter Freude an dem Entstehen und Wachsen der menschlichen Verkehrstechnik erwecken und das Verständnis für ihre heutige Gestalt schaffen.

**Seelossen. Leucht- und Rettungsdienst. Der Schiffbruch und seine Verhütung.** Von Dr. F. Dannmeyer.

Ein prächtiges Gemälde deutschen Seemannslebens, ebenso interessant für alle Küstenbewohner wie alle Landratten. Wir erhalten durch Wort und Bild eine genaue Kenntnis von dem gewaltigen Schiffsverkehr der deutschen Nordsee, von den Gefahren, die hier der ein- und ausfahrenden Schiffe warten, und den Mitteln zu ihrer Verhütung.

**Naturgeschichte einer Kerze.** Von M. Faraday. 5. Aufl.

Herausgegeben von Prof. Dr. R. Meyer. 180 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. Geb. M. 2.50.

„... ist das Muster einer belehrenden Jugendschrift, ausgezeichnet durch gediegenen Stoff in klarer, schlichter und lebendiger Darstellung, durch Hinweis auf Versuche, die nur wenige und einfache Hilfsmittel erfordern.“ Bth. Hannoversche Schulzeitung Nr. 6. 5. Jahrgang.

**Aus der Urgeschichte der Menschen.** Von F. Gansberg.

112 Seiten mit zahlreichen Abbildungen von A. Schmitthammer.

In Originalleinenband M. 1.25.

„Ein neues Experiment Gansbergs, und zwar das originellste, das je ein Reformator versucht hat, und das gleich beim ersten Wurf glückte.“

Schulblatt der Provinz Sachsen 1908.



